

OVER DE ZOUT- EN VOCHTHUISHOUDING VAN GEÏNUNDEERDE GRONDEN

SALT- AND MOISTURE CONDITIONS IN SOILS
FLOODED WITH SEAWATER
LA MIGRATION DU SEL ET LE RÉGIME HYDRIQUE
DANS LES SOLS INONDÉS À L'EAU DE MER

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIGING VAN DE GRAAD
VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE,
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS DR IR G. MINDERHOUD,
HOOGLEERAAR IN DE LANDHUISHOUDKUNDE,
TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN
VAN EEN COMMISSIE UIT DE SENAAT
VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN
OP VRIJDAG 10 JULI, TE 14 UUR

DOOR

BASTIAAN VERHOEVEN

STAATSDRUKKERIJ



UITGEVERIJBEDRIJF

'S-GRAVENHAGE 1953

STELLINGEN

I

Tegen de methoden om drains te reinigen zonder ze op te graven bestaan in Zuid-West Nederland ongegronde bezwaren.

II

De ver doorgevoerde zorg van de overheid voor de pachters in de Noordoostpolder belemmert de vorming van een normale boerengemeenschap.

III

Bij de keuze tussen mannelijk of vrouwelijk laboratoriumpersoneel dient ook de aard van het analysewerk een punt van overweging te vormen.

IV

Een ingenieurspracticum landbouwscheikunde dat korter dan zes maanden duurt, dient als weinig vruchtdragend te worden beschouwd.

V

Het is in Nederland niet voldoende bekend in hoeverre een op de gebruikelijke wijze genomen grondmonster representatief is voor het bemonsterde perceel.

VI

Het is wenselijk dat, naast de bestaande mogelijkheden, ook aan Middelbaar Technische Scholen de gelegenheid wordt geschapen voor een opleiding tot het eerste deel van het examen voor analyst.

VII

De verklaring van EDELMAN en DE SMET voor de lage gehalten aan koolzure kalk van de oudere Dollardklei is niet de enig mogelijke; onder meer kan worden gedacht aan een hersedimentatie van oudere kalkarme afzettingen en aan een laag zoutgehalte van het water tijdens de sedimentatie.

C. H. EDELMAN en L. A. H. DE SMET,
Boor en Spade IV, 1951.

VIII

Op drooggevallen IJsselmeergronden biedt de ontwikkeling van een rietvegetatie, vóór het in cultuur brengen der gronden, meer voor- dan nadelen.

INHOUD¹

WOORD VOORAF

Blz.

INLEIDING	1
I. OVER DE BEMONSTERING, DE ANALYSETECHNIEK, DE GEBRUIKTE GROOTHEDEN EN DE AAN HET ONDERZOEK KLEVENDE FOUTEN	3
1. De bemonstering	3
2. De analysetechniek	4
3. De foutenbronnen	8
4. Over de ongelijkmatigheid der A-, B- en C-cijfers te velde	21
5. Overzicht van de verkregen resultaten. Aanwijzingen voor de uitvoering van toekomstig onderzoek	38
II. WAARNEMINGEN BETREFFENDE DE ZOUT- EN VOCHTHUISHOUDING VAN GEÏNUN- DEERDE GRONDEN GEDURENDE DE ZOMERMAANDEN	41
1. Doel en opzet van het onderzoek	41
2. Waarnemingen verricht gedurende de zomer van 1945	42
3. Waarnemingen verricht gedurende de zomer van 1946	48
4. Waarnemingen verricht gedurende de zomer van 1947	61
5. Waarnemingen verricht gedurende de zomer van 1948	74
6. Waarnemingen verricht gedurende de zomer van 1949	82
III. WAARNEMINGEN BETREFFENDE DE ZOUT- EN VOCHTHUISHOUDING VAN GEÏNUN- DEERDE GRONDEN GEDURENDE DE WINTERMAANDEN	85
1. Doel en opzet van het onderzoek	85
2. Waarnemingen verricht gedurende de winter 1944 op 1945	85
3. Waarnemingen verricht gedurende de winter 1945 op 1946	87
4. Waarnemingen verricht gedurende de winter 1946 op 1947	104
5. Waarnemingen verricht gedurende de winter 1947 op 1948	124
6. Waarnemingen verricht gedurende de winter 1948 op 1949	138
7. Waarnemingen verricht gedurende de winter 1949 op 1950	143
IV. BESCHOUWINGEN OVER DE VERKREGEN RESULTATEN	147
1. Inleiding	147
2. De betrouwbaarheid der conclusies	147
3. Veranderingen in de zoutcijfers in de loop van het jaar	148
4. De jaarlijkse gang van het vochtgehalte	155
5. De bewegingen van het water in de bovengrond	164
6. De bewegingen van het water in de ondergrond	171
7. Verdamping uit de grond en door het gewas	177
8. Betekenis van het verrichte onderzoek voor de kennis van de vochthuis- houding van niet-geïnundeerde gronden	183

¹ Dit proefschrift verschijnt tevens als No 59.5 in de reeks Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen.

	Blz.
SUMMARY	188
RÉSUMÉ	191
LITERATUUR	195

BIJLAGEN:

1. Inundatiegebied Zuid-West Nederland, voorjaar 1946. Overzicht van de C-cijfers in de laag 5-20 cm	201
2. Walcheren, voorjaar 1946. Overzicht van de C-cijfers in de laag 5-20 cm	202

WOORD VOORAF

Een goede gewoonte getrouw, wil ik bij het verschijnen van dit werkstuk gaarne van de gelegenheid gebruik maken om allen te bedanken die aan mijn wetenschappelijke en praktische vorming of aan het tot stand komen van mijn proefschrift hebben bijgedragen.

In de eerste plaats gaat mijn dank uit naar U, Hooggeleerde ZUUR, voor de wijze waarop U mijn werk hebt gestimuleerd. De zorg die U aan de bestudering van dit proefschrift hebt willen wijden, was groter dan men van een promotor mocht verwachten.

Nog steeds waardeer ik, Hooggeleerde HUDIG, dat U mij door middel van een assistentschap in staat hebt gesteld mijn verblijf in de sfeer der Landbouwhogeschool met enige jaren te verlengen.

Bijzondere dank ben ik verschuldigd aan U allen, Hooggeleerde TENDELOO, HEL-LINGA, SCHUFFELEN, EDELMAN en HOFSTEE. Zonder Uw medewerking zou het vroegde verschijnen van dit proefschrift niet mogelijk zijn geweest.

Dankbaar ben ik vooral ook ten aanzien van mijn ouders en zusters, die zich terwille van mijn studie aan de Landbouwhogeschool veel hebben ontszegd en aan mijn vrouw, die gedurende lange tijd veel huiselijkheid heeft moeten missen.

Ir S. HERWEYER, Directeur van de Rijksdienst voor Landbouwherstel, heeft door de vrijheid die hij, waar mogelijk, aan de onderzoekers liet, de studie van problemen betreffende zoute gronden op een zeer loffelijke wijze gesteund. Ook de prettige samenwerking met mijn Goesse collega's VAN DEN BERG en WESTERHOF zal ik niet licht vergeten.

Ook aan mijn hoogste chef Dr S. SMEDING wil ik gaarne dank brengen voor het feit, dat ik aan dit proefschrift belangrijk meer tijd mocht besteden dan er officieel voor was geraamd.

De ruimte laat niet toe, dat ik U allen, collega's en overige medewerkers van de Directie van de Wieringermeer, afzonderlijk dank breng voor Uw hulp bij het nemen der monsters, het analysewerk, de rangschikking der verkregen gegevens, het pers-klaar maken der tekeningen en het vertaal- en correctiewerk en vooral ook voor de wijze waarop U vaak tijd voor mij hebt vrijgemaakt door me een deel van mijn taak uit handen te nemen.

Tenslotte rest me een woord van dank aan de firma H. VEENMAN & ZONEN, die het drukken van dit proefschrift in een zeer snel tempo heeft verricht en aan de Heer VISSER, van wiens tijd en werkkraft ik meer heb moeten vergen dan waarop ik aanspraak mocht maken.

INLEIDING

In 1944 en 1945 werden, tengevolge van de oorlogsomstandigheden, in Zuidwest-Nederland rond 66000 hectaren cultuurgrond met zouthoudend water geïnundeerd. Voor ongeveer 52000 hectaren lag het zoutgehalte van het inundatiewater boven 5 gram keukenzout per liter en voor rond 14000 hectaren bleef dit gehalte beneden de genoemde grens. Voor uitvoerige gegevens betreffende de omvang van de inundaties en het zoutgehalte van het inundatiewater moge worden verwezen naar de publicatie van WESTERHOF (1947). Hier zal met een summier overzicht worden volstaan.

Het grootste deel van de inundaties werd, op last van de Duitse legerleiding, tot uitvoering gebracht in het voorjaar van 1944. Deze inundaties eindigden meestal kort na de bevrijding van de betreffende gebieden. Voor de provincie Zeeland (uitgezonderd Schouwen-Duiveland) was dit in de herfst van 1944. De noordelijker gelegen gebieden vielen in of na Mei 1945 weer droog. Voorts werden tijdens de gevechtshandelingen in de herfst van 1944 nog enige, meestal minder omvangrijke, gebieden geïnundeerd. Deze veelal in haast uitgevoerde inundaties waren voor het overgrote deel van korte duur. Een uitzondering vormde het, door de geallieerden geïnundeerde, eiland Walcheren, dat van September 1944 tot herfst 1945 en voor wat betreft de Zuidwatering zelfs tot voorjaar 1946 onder water stond.

De inundaties met water dat meer dan 5 gram keukenzout per liter bevatte werden voornamelijk aangetroffen in Zeeland. Buiten de provincie Zeeland kwamen dergelijke inundaties onder andere voor op Overflakkee en in West-Brabant. Op de Zuidhollandse eilanden overheersten inundaties met minder zout water. Ook in West-Brabant werden sommige polders met minder zout water geïnundeerd.

Zowel in ons land als in het buitenland was reeds lang bekend dat vele cultuurgewassen sterk zoutgevoelig zijn, zodat, voor een zo goed mogelijk uitoefenen van het landbouwbedrijf op zoute gronden, kennis van het zoutgehalte van de grond zeer gewenst is. Toen de Duitse legerleiding dan ook, in het voorjaar van 1944, voor het onder water zetten van een groot aantal polders gebruik maakte van zout of brak water, stond meteen vast, dat, na de inundaties, in de weer drooggevalen gebieden een omvangrijk onderzoek naar het zoutgehalte van de grond niet zou kunnen worden gemist.

Om althans enigszins georiënteerd te raken over de te verwachten zoutgehalten van de grond, werden reeds tijdens de inundatieperiode van het op de landerijen staande water regelmatig monsters genomen en op zoutgehalte onderzocht. Ook deze waarnemingen zijn verwerkt in de publicatie van WESTERHOF (1947); een uitvoerige beschouwing over de gevonden zoutgehalten in een deel van het inundatiegebied is voorts te vinden bij STOLP (1945). Een kort overzicht geeft VERHOEVEN (1946).

Na het droogvallen van de grond werden op ruime schaal grondmonsters genomen en op zoutgehalte onderzocht. De bij dit onderzoek gevonden cijfers hadden betrekking op de laag 5-20 cm en vormden de basis voor de inzaaiadviezen van de voorlichtingsdiensten voor land- en tuinbouw. Deze zoutkarteringen keerden elk voorjaar en elke herfst terug en gaven soms aanleiding tot een ernstige periodieke overbelasting van het laboratorium te Goes. Zo moesten b.v. in het voorjaar van 1946 na de winterregens en vóór de inzaai meer dan 10000 monsters worden onderzocht. Om deze drukte zoveel mogelijk in te perken, werden ook gedurende de zomer en de winter de veranderingen in het zoutgehalte van de grond voortdurend nagegaan. Deze bemonsteringen gaven o.a. een inzicht in het verloop van het zoutgehalte in de bovengrond en

maakten voorspellingen mogelijk ten aanzien van de cijfers die tijdens de inzaai konden worden verwacht. Meestal werd dit onderzoek tamelijk breed opgezet om ook antwoord te kunnen geven op meer algemene, niet direct met de inzaaikansen samenhangende, problemen. De aanwezigheid van het chloorion in het bodemvocht bood namelijk, zoals ZUUR (1938) voor de Wieringermeer had aangetoond, een unieke kans om de vochtthuishouding van de grond te bestuderen. Deze kans moest worden benut en zo werden bemonsteringen uitgevoerd, waarvan het directe nut voor de praktijk gering was, vergeleken bij de waarde, die de cijfers konden hebben voor de berekening van b.v. het vochtverbruik van een gewas.

Het analyseren van water- en grondmonsters vond in 1944 en in het voorjaar van 1945 oorspronkelijk alleen plaats in het laboratorium van de Directie van de Wieringermeer (Noordoostpolderwerken) te Kampen en in een hulplaboratorium dat gevestigd was in de Rijks Hogere Burgerschool te Middelharnis. Door de bevrijding van Zuid-Nederland werd evenwel het contact tussen de genoemde laboratoria en een groot deel van de geïnundeerde gebieden verbroken. Gelukkigwijze werd een aantal instellingen in Zuid-Nederland bereid gevonden om grondmonsters op zoutgehalte te onderzoeken. Op deze wijze werd hulp verleend door de Keuringsdienst voor Waren te Goes en door de laboratoria van de firma D. J. van der Have te Kapelle-Biezelinge, van het Instituut voor Rationele Suikerproductie te Bergen op Zoom en van de N.V. Hollandse Kunstzijde Industrie te Breda. Een woord van dank aan allen die hebben geholpen, om gedurende het eerste halfjaar van 1945 het laboratoriumwerk op gang te houden, is hier zeker op zijn plaats.

Vanaf Juni 1945 kon het onderzoek van grondmonsters worden geconcentreerd in het laboratorium te Middelharnis en in een noodlaboratorium dat werd gevestigd in de Rijkslandbouwwinterschool te Goes. In Januari 1946 werd te Goes een speciaal voor het onderzoek ingericht laboratorium betrokken in het voormalig Weeshuis. Het laboratorium te Middelharnis werd in Mei 1946 opgeheven. De werkzaamheden te Goes werden per 1 Juli 1948 beëindigd. Sindsdien werden de analyses verricht in het laboratorium te Kampen. In totaal werden meer dan 40000 zoutbepalingen uitgevoerd. (Een deel van de onderzochte grondmonsters was afkomstig van proefvelden van bij het inundatieonderzoek betrokken collegae). Ter aanvulling van dit cijfermateriaal werden in ongeveer 8000 monsters nog andere bepalingen verricht. Dit waren voornamelijk bepalingen van het lutum- en slibgehalte, van het koolzurekalkgehalte en soms ook van de pH en het gehalte aan organische stof. Grondwaterstands- en drainafvoermetingen, doorlatendheids- en volumegewichtsbepalingen, alsmede waterpassingen en profielbeschrijvingen completeerden de werkzaamheden.

De stof is ingedeeld in vier hoofdstukken. In het eerste wordt een beschrijving gegeven van de gebruikte methoden en worden beschouwingen gewijd aan de betrouwbaarheid van het cijfermateriaal. In het tweede hoofdstuk worden de zomerwaarnemingen besproken en in het derde de winterwaarnemingen. Deze beide hoofdstukken – die nogal omvangrijk zijn – kunnen zonder enig bezwaar ongelezen blijven, omdat zij weinig meer dan documentatiemateriaal bevatten. Tenslotte wordt in het vierde hoofdstuk besproken tot welke conclusies de waarnemingen uit de voorafgaande hoofdstukken leiden. Voorts komt in dit slothoofdstuk aan de orde welke betekenis de resultaten van het onderzoek hebben voor de kennis van de vochtthuishouding van grond in het algemeen en van geïnundeerde grond in het bijzonder.

I. OVER DE BEMONSTERING, DE ANALYSETECHNIEK, DE GEBRUIKTE GROOTHEDEN EN DE AAN HET ONDERZOEK KLEVENDE FOUTEN

Het in Zeeland opgezette onderzoek is uitgevoerd met behulp van de door ZUUR (1938) beschreven methoden. In deze werkwijzen zijn tijdens het onderzoek in de inundatiegebieden enkele wijzigingen aangebracht. De studie van de betrouwbaarheid der gevonden cijfers werd bovendien niet onbelangrijk uitgebreid. Om een al te veelvuldig verwijzen naar het werk van ZUUR te voorkomen is ook het onveranderde deel van de methodiek van het onderzoek hier, althans in hoofdzaak, nog weer vermeld.

De hiernavolgende stof is ingedeeld in vijf paragrafen. Achtereenvolgens worden hierin behandeld de wijze van bemonsteren, de analysetechniek en de foutenbronnen. Een aparte paragraaf is gewijd aan de foutenbron gevormd door de ongelijkmatigheid van de vocht- en zoutgehalten te velde, terwijl ten slotte een samenvatting het hoofdstuk besluit.

1. DE BEMONSTERING

De grondmonsters werden genomen met z.g. Feekesboren, met aardappelboren, lepelboren of Diserensboren. Indien de bemonstering slechts de bouwvoor of een gedeelte daarvan omvatte – zoals bij bemonsteringen ten behoeve van de practijk meestal het geval was – werden Feekesboren gebruikt. Dit zijn 20 à 25 cm lange half-cylindrische boren met een inwendige diameter van ongeveer 25 mm. Ze werden vervaardigd van fietsframes en later van vlampijpen en werden bevestigd aan een houten steel. In droge harde grond was de levensduur van deze boren slechts kort. Voor boringen tot een diepte van 2,20 m werd gebruik gemaakt van lepelboren, eveneens half-cylindrische, geheel stalen boren met een lumen van 35 mm. Deze boren zijn 1 m lang, doch kunnen met behulp van een verlengstuk tot 2,20 m worden verlengd. Om te voorkomen dat de, vaak kruimelige, bovengrond in het boorgat viel, werd de bouwvoor bemonsterd met aardappelboren. Dit zijn ronde, zwak conisch toelopende boren van 5 of 20 cm lengte en met een bovendiameter van 60 à 65 mm. Indien nog dieper dan 2,20 m moest worden geboord, werden Diserensboren gebruikt. Dit zijn tweekleppige boren met een kort (25 cm lang) boorlichaam aan een steel die tot ruim 3 m kan worden verlengd.

De boren werden met de hand in de grond gedrukt. Meestal werden de te bemonsteren lagen laag voor laag in één keer geboord. Een veel voorkomende reeks 0–10, 10–20, 20–40, 40–60 en 60–80 cm werd dan in vijf keer geboord. In droge harde grond moesten, om extra wrijving te voorkomen, de boorkernen soms na elke 5 cm boren worden verwijderd. In vochtige gronden daarentegen was het vaak mogelijk om b.v. de laag 20–80 cm in één keer te doorboren. Alle bemonsteringen geschieden onder leiding van schrijver dezes of van een ervaren karteerder, omdat bij het nemen van grondmonsters tal van moeilijkheden kunnen optreden, waarvan in Zeeland het samenpersen van slikkige of kruimelige bovengrond en van venige ondergrond, alsmede het uit de boor lopen van natte zandlagen wel de voornaamste waren.

De boorkernen uit Feekes- en lepelboren werden schoongekrabbd en vervolgens met een spatel uit de boor gestoken. De inhoud van de aardappelboren werd eruit verwijderd door de boren ondersteboven te houden en leeg te stoten. Van de Diserensboren

werden de beweegbare kleppen geopend en daarna werd de inhoud er uitgeschud of er met behulp van een spatel uitgekraabd.

Voor de meeste onderzoeken werden zestien boringen per monster genomen. Slechts op proefvelden met veel herhalingen werd met acht boringen per veldje volstaan. De boringen lagen in vierkantsverband met een afstand van 2 m tussen de boorpunten. Op smalle percelen werden soms in de lengte van het perceel twee naast elkaar gelegen rijen van acht boringen genomen, met een afstand tussen de rijen en tussen de boorpunten in de rij van eveneens 2 m. Alleen in bijzondere gevallen werd van deze boorschema's afgeweken. Zo werden b.v. boven drainreeksen de boorpunten steeds in één rij gelegd. Op plekken waarvan werd verwacht dat ze herhaaldelijk zouden worden bemonsterd, werd de afstand tussen de boorpunten meestal groter genomen, opdat de boringen van opéénvolgende bemonsteringen niet te dicht bij elkaar kwamen te liggen. Een boorgat beïnvloedt de zout- en vochtthuishouding van de grond in zijn naaste omgeving (ZUUR) en bij elke bemonstering dient men dus buiten de invloedssfeer van vroegere boringen te blijven. Soms was het nodig om herhaaldelijk bemonsterde plekken over een afstand van enige meters te verplaatsen.

De zestien boorkernen werden op een mengzeil in kleine stukjes verdeeld. Daarna werd de grond goed gemengd, hetzij door kneden indien de grond nat was, hetzij door herhaaldelijk omscheppen met de hand indien de grond droog was. Vervolgens werd uit het mengsel een nieuw monster getrokken, waarmede, al naar de eis van het onderzoek, een glazen pondspot of driepondspot werd gevuld. Deze potten werden gesloten met een metalen schroefdeksel, aan de binnenzijde voorzien van een schijf geparaffineerd carton.

Ten behoeve van enkele speciale onderzoeken werden de boorkernen soms niet gemengd, doch afzonderlijk verzameld in flesjes van 150 ml.

In vele gevallen werden de monsters in tweevoud genomen, terwijl in bijzondere gevallen wel in drievoud of zelfs in vijfvoud werd bemonsterd.

Het boren met de Diserensboor was zeer tijdrovend en deze boringen werden dan ook meestal in enkelvoud uitgevoerd.

2. DE ANALYSETECHNIEK

In het onderstaande is voornamelijk aandacht besteed aan die analyses, die speciaal voor de studie van de zout- en vochtthuishouding van de grond van belang zijn. De overige analysemethoden zijn slechts vluchtig gememoreerd.

Monsters waarvan alleen het zout- en het vochtgehalte behoeften te worden bepaald, werden in het laboratorium uitgepakt en op een glasplaat goed gemengd. Daarna werden de voor de analyse benodigde porties grond verkregen door van de totale hoeveelheid grond opnieuw twee kleine monsters te nemen. Deze kleine monsters (± 25 g elk) werden in twee wijdmondse flesjes van 150 ml gebracht, waarvan het gewicht bekend was. De flesjes met inhoud werden gewogen, gedroogd bij 105°C en weer gewogen. Vervolgens werden aan elk flesje toegevoegd: een schepje gips en - door middel van een automische pipet - 75 ml water. Hierna werden de flesjes met een rubberstop gesloten en gedurende vijf uren geroteerd. Vervolgens bleven ze een nacht over staan, waarna uit elk flesje 10 ml van de, boven de suspensie staande, heldere vloeistof werd afgepipetteerd. Hierin werd het chloorgehalte titrimetrisch bepaald met 0,1 n AgNO_3 en met K_2CrO_4 als indicator. Deze, door FEEKES (1936) ingevoerde, methode is door ZUUR (1938) uitvoerig beschreven. Op deze wijze konden, indien in serie werd

gewerkt, door twee man 40 monsters per dag in duplo worden onderzocht. Hierbij waren dan alle voorkomende werkzaamheden inbegrepen.

De verkregen chloorgehalten werden steeds omgerekend op keukenzoutgehalten door vermenigvuldiging met 585/355. Met de aldus verkregen cijfers werd verder gewerkt. Voorzover in dit geschrift dus wordt gesproken van zout, is steeds bedoeld keukenzout.

Voorts werden voor de verschillende grootheden de door ZUUR ingevoerde symbolen gebruikt, welke volledigheidshalve hieronder nog eens worden vermeld. De symbolen hebben de volgende betekenis:

A = het aantal grammen water per 100 gram droge grond.

B = het aantal grammen keukenzout per 100 gram droge grond.

C¹ = het aantal grammen keukenzout per liter bodemvocht.

W_d² = het aantal grammen water per cm² oppervlakte in een laag ter dikte van d cm.

Z_d³ = het aantal grammen keukenzout per cm² oppervlakte in een laag ter dikte van d cm.

VW en VZ geven de verschillen tussen respectievelijk twee W- of twee Z-cijfers van eenzelfde plek op verschillende data; deze symbolen dragen een negatief teken indien W of Z op het tweede tijdstip hoger zijn dan op het eerste.

Hoewel in het algemeen in de volgende paragrafen vanzelf wel blijkt voor welke doeleinden de verschillende cijfers dienen, kan een inleidend woord over het gebruik van de diverse grootheden reeds op deze plaats wellicht nuttig zijn.

De A- en B-cijfers worden, behalve voor het verkrijgen van een oriënterend inzicht in de vocht- en zoutgehalten van de grond en voor de bestudering van de variabiliteit van deze gehalten op korte afstand, op zichzelf weinig gebruikt. Deze cijfers dienen voornamelijk voor de berekening van de C-cijfers, de W-cijfers en de Z-cijfers.

Wanneer veranderingen in de vochtvoorraad van een bepaalde laag (b.v. ten gevolge van verdamping) moeten worden berekend, dan is hiervoor kennis van de W-cijfers van de betreffende laag onontbeerlijk.

Voor de berekening van soortgelijke veranderingen in de zoutvoorraad van een bepaalde laag (b.v. ten gevolge van doorsijpelend regenwater) moeten de Z-cijfers bekend zijn. Deze Z-cijfers, of liever de verschillen tussen twee Z-cijfers worden ook gebruikt om daaruit conclusies te trekken over de waterbeweging in de grond. Voor deze berekening van de waterbeweging is bovendien nog kennis van de C-cijfers noodzakelijk.

Enkele eenvoudige voorbeelden mogen aantonen hoe de genoemde berekeningen verlopen. Een profiel bevat op 1 April tot een diepte van 80 cm per cm² 0,070 g keukenzout (Z₀₋₈₀ = 0,070). Per 1 Juni is het zoutgehalte gestegen tot 0,100 g per cm² (Z₀₋₈₀ = 0,100). Deze vergroting (0,030 g) van de zoutvoorraad in het profiel is veroorzaakt door capillaire opstijging van zout water van beneden profiel-diepte. Dit zoute water moet dus opgestegen zijn via de laag 80-100 cm. De concentratie van het keukenzout in deze laag bleef gedurende de beschouwde periode constant en wel 15 g per l bodemvocht en dus moet het vanuit deze laag naar boven gestegen water ook een zoutgehalte van 15 g per l hebben gehad. Voor de aanvoer van het zout is dan nodig geweest $\frac{0,030}{15}$ l water per cm². De capillaire opstijging heeft dus bedragen $\frac{0,030}{15}$ l per cm² = $\frac{30}{15}$ ml per cm² = 20 mm.

De berekening van de neerwaartse waterpassage geschiedt op een soortgelijke wijze. Een profiel bevat per 1 November over een diepte van 80 cm per cm² 0,350 g keukenzout. Per 1 Maart is nog 0,210 g

¹ C werd berekend uit A en B met behulp van de formule $C = \frac{1000 B}{A}$.

² W werd berekend met behulp van de formule $W_d = \frac{d \times VG \times A}{100}$, waarin d de dikte van de betreffende laag en VG het volumegewicht van de grond is.

³ Z werd berekend op analoge wijze als W met behulp van de formule $Z_d = \frac{d \times VG \times B}{100}$.

over. Aangenomen wordt dat de waterpassage verticaal is geweest. De verdwenen 0,140 g zout zijn dan dus afgevoerd via de laag 60–80 cm. Gedurende de betreffende vier maanden is het C-cijfer van deze laag gedaald van 16 tot 12. Het gemiddelde C-cijfer van de laag 60–80 cm heeft dus 14 bedragen en aan gezien het wegzakkende water snel de concentratie aanneemt van de doorlopen lagen (ZUUR, 1938), moet het gemiddelde zoutgehalte van het uitgezakte water ook ongeveer 14 zijn geweest. Voor de afvoer van het zoutverlies is dan nodig geweest $\frac{0,140}{14}$ l per $\text{cm}^2 = \frac{140}{14}$ ml per $\text{cm}^2 = 100$ mm.

Enkele andere, aan de praktijk ontleende, rekenvoorbeelden treft men aan bij VERHOEVEN (1950, a).

Kennis van het C-cijfer is niet alleen vereist voor de berekeningen betreffende de waterbeweging in de grond, maar het is ook – omdat het een concentratie aangeeft – voor de bestudering van de reactie van land- en tuinbouwgewassen op het zoutgehalte van de grond (men zie hiervoor VAN DEN BERG, 1950; DORSMAN en WATTEL, 1951) een veel waardevoller gegeven dan het B-cijfer.

In vele gevallen (b.v. voor de inzaaiadviezen) werd alleen naar C-cijfers gevraagd, omdat, zoals vermeld, het B-cijfer voor de plantengroei heel weinig betekenis heeft. Dan werd de chloorionenconcentratie in het bodemvocht gemeten langs potentiometrische weg en wel met behulp van een AgCl-electrode. Deze methode werd beproefd door VAN HEININGEN (1945) en werd later door DOMINGO voor seriewerk geschikt gemaakt; zij is beschreven door HOFSTEE en TIMMER (1953).

De invoering van deze werkwijze betekende nog een aanmerkelijke vereenvoudiging en versnelling vergeleken met de toch ook al snelle methode van FEEKES. In seriewerk konden namelijk door tien man per dag 400 monsters worden onderzocht. Van deze tien waren er dan twee nodig voor controlebepalingen (1 op 10) volgens de titrimetrische methode. Indien zou worden overgegaan op controlebepalingen aan de hand van enkele standaardmonsters, dan zouden voor een capaciteit van 400 monsters per dag acht man voldoende zijn. Hiervan behoeven slechts twee man tot het geschoolde analytische personeel te behoren.

De overeenkomst tussen de potentiometrische en de titrimetrische chloorbepaling is vooral bij zoutconcentraties beneden 4 g NaCl per l zeer behoorlijk. Daarboven neemt de spreiding toe, hetgeen o.a. wel zal moeten worden geweten aan een toenemende onnauwkeurigheid van beide methoden. Bovendien zijn in dit traject de waarden van de potentiometrische meting hoger dan van de titrimetrische en dit verschil neemt toe, naarmate de te meten zoutconcentraties hoger zijn (zie fig. 1).

Een mogelijke verklaring voor deze afwijking zou kunnen worden gezocht in het feit dat de concentratie van het chloorion niet overal in het bodemvocht gelijk is, maar vanaf het oppervlak van de adsorptieve bodemdeeltjes naar de intermicellaire bodemvloeistof toe stijgt. Bij de titrimetrische methode wordt het C-cijfer berekend uit het gevonden A-cijfer, d.w.z. uit het totale bodemvocht. Men vindt zodoende niet de concentratie van het chloorion in het vrije bodemvocht, maar een gemiddelde concentratie. Dit laatste is bij de potentiometrische methode niet het geval.

Indien met de hiervoor geopperde verklaring voor de gevonden verschillen inderdaad de voornaamste oorzaak van deze verschillen zou zijn genoemd, dan zou dit twee consequenties hebben:

1. De verschillen tussen potentiometrisch en titrimetrisch bepaalde C-cijfers moeten groter worden naarmate de C-cijfers stijgen. Dit is inderdaad het geval (zie fig. 1).
2. De verschillen in quaaestie moeten groter worden naarmate bij gelijkblijvend A-cijfer het lutumgehalte van de grond (en dus de hoeveelheid „chloorvrij” water) toeneemt of wat op hetzelfde neerkomt, naarmate bij gelijkblijvend lutumgehalte het A-cijfer van de grond daalt.

FIG. 1. Correlatie tussen potentiometrisch en titrimetrisch bepaalde C-cijfers

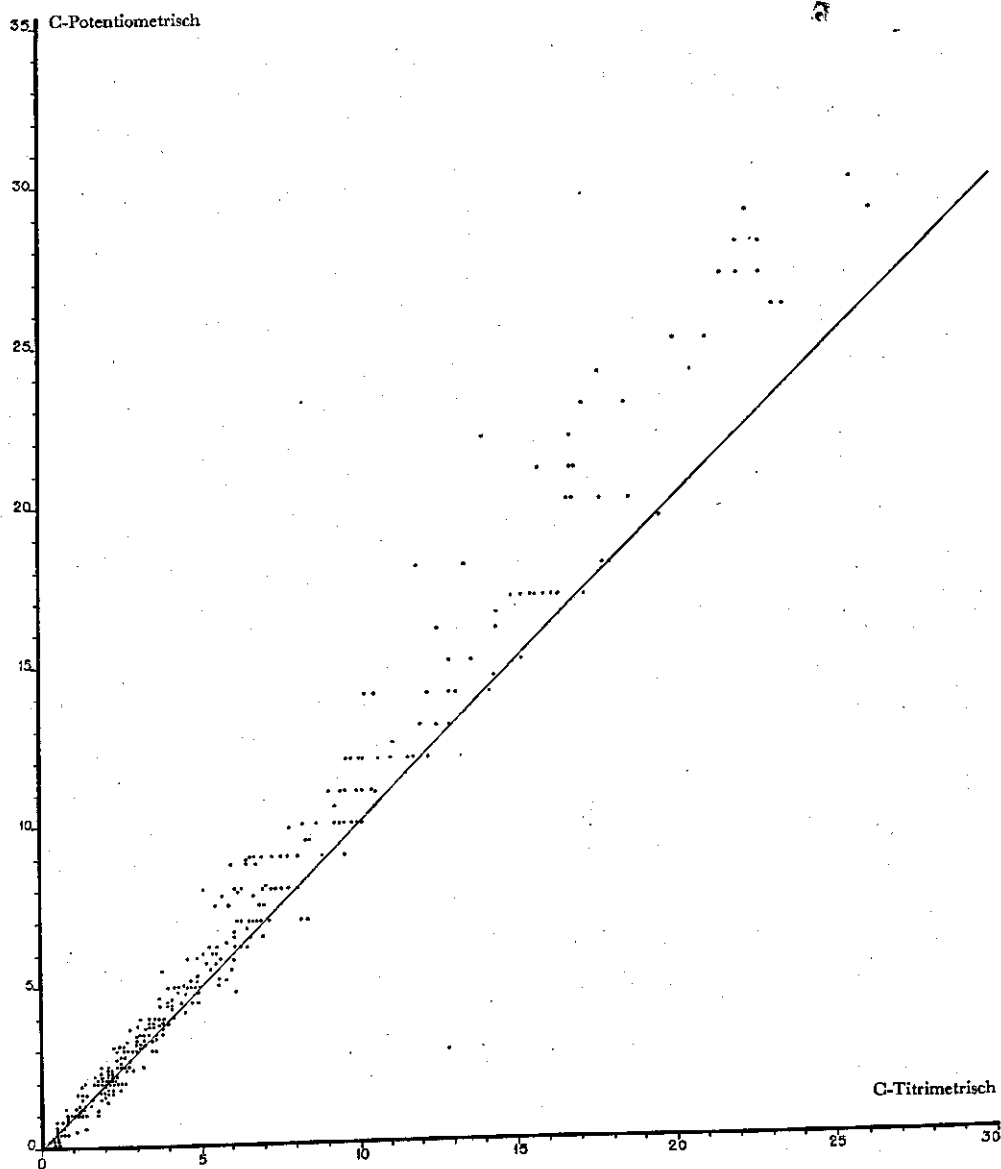


FIG. 1. Correlation between potentiometric and titrimetric determination of C-figures

Dit laatste kon met een klein proefje worden aangetoond. Hierbij werden vier porties van elk 5 g bentoniet gemengd met respectievelijk 125, 75, 25 en 5 ml van een Na-Cl-oplossing met een C-cijfer van 15. De in deze suspensie potentiometrisch bepaalde C-cijfers bedroegen respectievelijk 18,8; 18,0; 18,0; en 17,1.

Overigens was het praktische belang van de juistheid van de hierboven genoemde verklaring niet groot, omdat omrekenen van potentiometrisch bepaalde C-cijfers in titrimetrisch bepaalde (en omgekeerd) alleen mogelijk was, indien tevens het lutumgehalte van de grond werd bepaald. Dit laatste gebeurde echter – althans in monsters waarin potentiometrische bepalingen werden verricht – slechts zelden. Bovendien was een correctie van de potentiometrisch bepaalde cijfers tamelijk overbodig, want ze waren voor de doeleinden waarover ze werden gebruikt nauwkeurig genoeg.

De gehalten aan lutum, slib, zand en CaCO_3 werden bepaald volgens de in Nederland bij het onderzoek van grondmonsters gebruikelijke methoden. Deze zijn: voor lutum en slib de pipetmethode van ROBINSON, voor zand de methode van ATTERBERG (het U-cijfer – een maat voor de grofheid van het zand – werd berekend na zeven van de zandfractie in een Rotap-zeefinstallatie) en voor CaCO_3 de methode van SCHEIBLER. Deze werkwijzen zijn beschreven door DE VRIES en DECHERING (1948). Het gehalte aan organische stof werd bepaald volgens de elementairanalyse van TERMEULEN-HESLINGA en wel door het gevonden koolstofgehalte te vermenigvuldigen met 100/58. De pH werd in de beginperiode colorimetrisch bepaald, daarna werd gemeten met een chinehydronselectrode, terwijl reeds vrij spoedig een glaselectrode met bijbehorende apparatuur in gebruik kon worden genomen.

Volumegewichtsbepalingen werden uitgevoerd met koperen steekringen, waarvan de inhoud nauwkeurig bekend was. Van deze ringen waren twee soorten in gebruik: grote met een inhoud van $\pm 325 \text{ cm}^3$ en kleine met een inhoud van $\pm 36 \text{ cm}^3$. Deze ringen werden op de gewenste diepte in de wand van een profielkuil gestoken. Vervolgens werd de grond om elke ring weggesneden en werden de aan de open zijden van de ring uitstekende gronddelen glad afgesneden. De inhoud van de ring werd in een goed sluitende pot of fles van bekend gewicht gebracht en door drogen en wegen werden het volumegewicht en het poriënvolume van de grond bepaald. De bepaling werd altijd minstens in vijfvoud uitgevoerd.

Metingen van de doorlatendheid volgens KOPECKI (1914) bleken te tijdrovend omdat met deze methode slechts bruikbare cijfers te verkrijgen zijn, indien zeer veel herhalingen worden verricht. Daarom is, na enige mislukte pogingen, van het bepalen van doorlatendheden boven de grondwaterspiegel afgezien. Voor doorlatendheidsmetingen beneden het phreatisch niveau is de boorgatenmethode van HOOGHOUTD gebezigd. Hierbij is aanvankelijk gebruik gemaakt van de apparatuur volgens HOOGHOUTD (voor een beschrijving zie: DE VRIES en DECHERING, 1948), later van het eenvoudiger apparaat van M. F. VISSER.

Grondwaterstanden werden gemeten in 1,50–2,00 m lange, ijzeren, met jute beklede en, behalve over de bovenste 50 cm, geperforeerde, 30 tot 45 mm wijde buizen. De metingen werden verricht met een platte duimstok.

Drainebieten werden bepaald door eenmaal daags met een maatglas of maatkan te meten hoeveel water in een bepaalde tijd door de drain werd afgevoerd.

3. DE FOUTENBRONNEN

Een systematisch opgezette analyse van alle aan het zoutonderzoek klevende fouten is niet uitgevoerd. Dit mag ten dele worden geweten aan de ontwikkeling van de werkzaamheden. Voór alles moest de praktijk van gegevens worden voorzien ten behoeve van de inzaai van gewassen en de herinplant van bomen. De ervaring in de Wieringermeer had geleerd dat de titrimetrische C-cijferbepaling, uitgevoerd zoals in de vorige

paragraaf is omschreven, hiervoor voldoende nauwkeurig was. De potentiometrische C-cijferbepaling was getoetst aan de titrimetrische en eveneens voldoende betrouwbaar bevonden. Pas in de tweede plaats kon aandacht worden geschonken aan de waarde van de cijfers die nodig waren voor onderzoeken betreffende de zout- en vochtgehalte van geïnundeerde gronden. Voor dergelijke onderzoeken was een grondiger kennis ten aanzien van de nauwkeurigheid van de gebruikte grootheden wel gewenst.

Om te beginnen werd nagegaan in hoeverre de genomen monsters representatief waren voor het zout- en vochtgehalte van de bemonsterde plekken. Bij de voor dit doel uitgevoerde bemonsteringen trad weldra aan het licht, dat de variatie op korte afstand van het zout- en vochtgehalte aanzienlijk kon zijn. Naar de oorzaken van deze variatie is een vrij uitvoerig onderzoek ingesteld, zodat hieraan een aparte en wel de volgende paragraaf is gewijd.

Hoewel, gelijk vermeld, een speciaal onderzoek naar de systematische en toevallige fouten van de zoutbepaling achterwege is gebleven, zal hieronder toch een kleine beschouwing over deze fouten volgen. Zowel de fouten van de bemonstering als die van de analysetechniek en van de berekeningsmethoden zullen worden behandeld en wel – terwille van de duidelijkheid – in een volgorde vrijwel tegengesteld aan de gang van het onderzoek. De fouten van de potentiometrische chloorbepaling worden hier niet besproken, omdat deze methode nooit is toegepast op monsters die voor studiedoeleinden waren genomen. Slechts moge ten aanzien van deze methode worden gewezen op de op blz. 6 gemaakte opmerkingen.

Alvorens tot een bespreking van de analysefout over te gaan, moet worden vermeld dat, afgezien van het inwegen en terugwegen van de voor de analyse benodigde grond, bij alle werkzaamheden zoals pipetteren, titreren en uitrekenen minstens twee personen betrokken waren, zodat b.v. het uitrekenen van de duplobepalingen van één monster nooit door dezelfde laborant geschiedde.

De eigenlijke analysefout is opgebouwd uit verschillende componenten, zoals onnauwkeurigheden inharent aan de analyse, afrondingsfouten en vergissingen van het analytisch personeel, b.v. bij het wegen, het aflezen der buretten en het rekenen.

Om met de laatste te beginnen: Rekenfouten werden praktisch altijd achterhaald. Indien de duplo's van een bepaling niet overeenstemden werden namelijk steeds eerst de berekeningen gecontroleerd. Het is natuurlijk denkbaar dat twee laboranten dezelfde rekenfout maakten en wel zo dat de duplo's weer klopten. In een dergelijk geval zou een onjuist cijfer door de controle kunnen glippen. Dit is inderdaad wel eens voorgekomen (het betrof dan een verkeerde plaatsing van een komma), maar zelfs deze fout werd nog weer achterhaald bij het inboeken, indien het ging om een serie cijfers, die enige samenhang vertoonde. Een niet in de reeks passend cijfer werd dan altijd nog even opnieuw gecontroleerd.

Een afleesfout bij een titratie kon soms worden achterhaald, indien bekend was welk C-cijfer ongeveer kon worden verwacht. Meestal was het eenvoudiger en zekerder om de titratie over te doen; hiertoe was altijd nog genoeg vloeistof aanwezig.

Bij het wegen waren afleesfouten bij de weging van de natte grond meestal onherstelbaar, omdat in het overgrote deel der gevallen het monster, nadat de voor de analyse benodigde porties eraan onttrokken waren, werd opgeruimd. Het weer terugbrengen van de grond in de monsterpotten vroeg, bij de aantallen monsters waar het hier om ging, zoveel extra werk, dat deze werkwijze slechts zelden werd toegepast. Een fout bij

het wegen van de droge grond kon worden hersteld door na afloop van de analyse de grond opnieuw te drogen. Indien globaal bekend was, welk A-cijfer ongeveer kon worden verwacht, dan waren ook fouten bij het wegen van de natte grond soms nog wel te herstellen.

In het algemeen kan worden gezegd dat vergissingen van het analytisch personeel betrekkelijk zeldzaam waren. Als bewijs hiervoor moge het volgende gelden. Ten behoeve van bepaalde onderzoeken werden de boorkernen in het veld niet gemengd en in één pot verzameld, doch afzonderlijk in flesjes gedaan en stuk voor stuk geanalyseerd. Het A-cijfer werd in deze gevallen in enkelvoud bepaald. Voor het B-cijfer werd meestal wel in duplo getitreerd, maar een eventuele grove fout in de weging van de droge stof komt ook in het B-cijfer tot uiting. Nu waren deze bemonsteringen veelal van dien aard dat de boorkernen als controle voor elkaar konden gelden. Een boring werd soms wel door zes andere omgeven, die als controle konden dienen. Dit gold vooral voor de op enige diepte uitgevoerde boringen, omdat daar het verloop in de A- en de B-cijfers tamelijk gelijkmatig placht te zijn. Een foutieve bepaling moest dus onmiddellijk in het oog springen. Het pleit voor de accuratesse van de laboranten dat, bij de honderden boringen van dit type, dergelijke afwijkingen slechts zeer zelden werden geconstateerd.

Van de overige fouten speelde de fout veroorzaakt door de afronding der cijfers voornamelijk een rol in het B-cijfer. Het B-cijfer van een enkelvoudbepaling werd opgegeven in drie decimalen. Met behulp van dit B-cijfer werd dan het C-cijfer berekend. Bij het middelen van de duplobepalingen dat daarna plaats vond werd het B-cijfer vervolgens op twee decimalen afgerond. Deze afrondingsfout was vooral van belang bij zeer lage B-cijfers. Dergelijke lage cijfers werden echter maar zelden voor berekeningen gebruikt omdat ze, nog afgezien van de afrondingsfout, toch al onnauwkeurig waren. Kleine hoeveelheden zout kunnen namelijk met de gebruikte methode niet voldoende nauwkeurig worden bepaald (ZUUR, 1938; PHILIPSON, 1951).

Een van de systematische fouten is ook reeds door ZUUR behandeld nl. de invloed op het B-cijfer van de „chloorvrije” watermantel rond het adsorptief materiaal in de bodem. Ten gevolge van deze fout wordt een iets te hoog B-cijfer gevonden. Voor de veelal lichte en humusarme Zeeuwse gronden (BUWALDA, 1951) bedroeg deze fout niet meer dan 1 à 2 %.

Belangrijker is, dat het C-cijfer van het bodemvocht buiten de adsorptiesfeer van de bodemdeeltjes te laag werd berekend, want juist dit deel van het bodemvocht is het beweeglijkst. In de Wieringermeer was deze fout meestal niet groot – ZUUR geeft waarden van 0 tot 10 % en haalt een voorbeeld aan van 4 % – tengevolge van de hoge A-cijfers van de grond. In Zeeland kon in de zomermaanden bij A-cijfers van 20 tot 15 voor grond met een lutumgehalte van ± 18 % (dergelijke gevallen kwamen in 1947 veelvuldig voor) wel worden gerekend met fouten van 11 tot 15 %. Overigens hadden, in verband met de geringe waterbeweging die bij zulke vochtcijfers nog slechts mogelijk is, deze fouten niet zoveel betekenis. Ook de invloed op de berekeningen over het watertransport in de bodem was niet zo groot. Bij deze berekeningen werd vrijwel altijd gewerkt met de C-cijfers van de lagen 60–80 cm of 80–100 cm; bijzonder lage A-cijfers waren op die diepte zeldzaam, terwijl zeer vaak de grond daar ter plaatse zandig en arm aan humus was. Al zullen de gemaakte fouten dus in het algemeen niet groot zijn geweest, toch moet rekening worden gehouden met het feit dat zowel voor de capillaire opstijging als voor de neergaande waterbeweging stelselmatig enigszins te hoge waarden werden becijferd.

Na het overzicht van het vóórkomen van vergissingen van het analytisch personeel en na de behandeling van enkele systematische fouten, resteert nu nog een bespreking van de onnauwkeurigheid inhaerent aan de eigenlijke analyse zelf. (Onder de eigenlijke analyse zijn dan slechts begrepen de handelingen na de herbemonstering van het grondmonster in het laboratorium). Zo zijn voor een B-cijferbepaling in enkelvoud, het wegen van de droge grond, het toevoegen van het water, het pipetteren van het extract, het aflezen van de buret en het titreren tot het juiste eindpunt elk met een zekere onnauwkeurigheid belast. Hiervan zijn de laatste twee de belangrijkste. Van een bepaling in enkelvoud van het A-cijfer wordt de onnauwkeurigheid voornamelijk bepaald door de wegingen. De invloed van een eventuele voorkomende onvolkomenheid in het drogen is onbekend, maar – hoewel afhankelijk van het type droogstoof – waarschijnlijk niet groot. Op grond van de ervaringen in het laboratorium kon schattenderwijs worden bepaald dat tengevolge van de bovengenoemde variatiemogelijkheden – in het geval van $A = 25$, $B = 0,375$ en $C = 15$ – de middelbare fout van een enkele bepaling voor een A-cijfer ongeveer 0,09 en voor een B-cijfer ongeveer 0,004 moest zijn.

De in werkelijkheid gevonden fouten waren in uitzonderingsgevallen inderdaad van deze orde van grootte, maar voor de meeste groepen cijfers bedroeg de middelbare fout van een bepaling in enkelvoud veel meer¹. Ter vergelijking zij vermeld dat van een serie van 60 verschillende monsters – waarvan de A-, B- en C-cijfers slechts weinig afwijken van de bovengenoemde – de middelbare fout van een bepaling in enkelvoud voor het A-cijfer ongeveer zeven maal zo hoog en voor het B-cijfer ongeveer vier en een half maal zo hoog was als de theoretisch berekende.

Dit betekende dat de verschillen tussen de duplobepalingen voor wat betreft de A-cijfers en de B-cijfers slechts voor een klein deel konden worden verklaard met de onnauwkeurigheid van de eigenlijke analyse. De gevonden verschillen moesten groten-deels te wijten zijn aan ongelijkwaardigheid van het materiaal van de duplobepalingen. Een ongelijkwaardigheid die veroorzaakt werd door onvoldoende homogenisatie van de, soms tamelijk heterogene, monsters. Reeds HARMSSEN (1940) wees op de moeilijkheid om grond in veldvochtige toestand voldoende te homogeniseren.

Uitgaande van de bovenvermelde waarden $A = 25$, $B = 0,375$ en $C = 15$ en de daarbij geschatte middelbare fouten van een A-cijferbepaling en een B-cijferbepaling in enkelvoud, kon de theoretische middelbare fout van een C-cijferbepaling in enkelvoud worden berekend. Hierbij werd gebruik gemaakt van de formules:

$$C = \frac{1000 B}{A}; \sigma_A = \frac{A}{0,4343} \sigma_{\log A}; \sigma_B = \frac{B}{0,4343} \sigma_{\log B};$$

$$\sigma_C = \frac{C}{0,4343} \sigma_{\log C}; \sigma_{\log C} = \sqrt{\sigma_{\log A}^2 + \sigma_{\log B}^2}$$

(VAN UVEN, 1946, hoofdstuk VIII).

Op deze wijze werd, op grond van de geschatte waarden van de middelbare fouten van in enkelvoud bepaalde A- en B-cijfers, voor een C-cijferbepaling in enkelvoud een

¹ De gevonden fouten mogen iets hoger zijn dan de theoretische doordat de eerste berekend zijn uit de verschillen tussen duplobepalingen. Hierdoor worden nog weer enkele – zij het kleine – onnauwkeurigheden geïntroduceerd. Zo brengt de mechanisatie van de analysetechniek b.v. mede, dat voor het toevoegen van water aan duplobepalingen verschillende automatische pipetten worden gebruikt. Het verschil in uitloop van één pipet (met welk verschil rekening gehouden werd bij de theoretische berekening) is echter meestal aanmerkelijk geringer dan het verschil in uitloop tussen twee pipetten (welk verschil tot uiting komt in de gevonden fouten).

theoretische middelbare fout berekend van 0,16. De in de meer genoemde serie van 60 monsters gevonden werkelijke waarde bedroeg 0,24. Dus was, terwijl de gevonden middelbare fouten van de A-cijfer- en de B-cijferbepaling veel groter waren dan met de schatting overeenkwam, het verschil tussen de voor de C-cijferbepaling te verwachten middelbare fout (0,16) en de werkelijk gevonden middelbare fout (0,24) slechts klein.

Nu is deze laatste fout berekend uit de C-cijfers van de beschouwde serie van 60 monsters. Het is natuurlijk ook mogelijk om met behulp van de eerder vermelde formules de middelbare fout van de C-cijferbepaling te berekenen uit de in genoemde serie gevonden middelbare fouten van de enkelvoudige A- en B-cijferbepalingen. Aldus werkend werd voor een C-cijferbepaling in enkelvoud een middelbare fout berekend van 0,66.

De eindconclusie uit dit alles luidde dat de werkelijke middelbare fout van een in enkelvoud bepaald C-cijfer (0,24), ten eerste kleiner was dan de waarde (0,66) die men op grond van de werkelijke middelbare fouten van het bijbehorende A- en B-cijfer zou verwachten en ten tweede ongeveer overeenkwam met de fout (0,16) die op basis van analytische overwegingen kon worden berekend.

Dit feit deed ten aanzien van de A- en B-cijfers een verband veronderstellen tussen de respectieve verschillen van de duplo's. Anders gezegd: De afwijkingen die een enkelvoudig A-cijfer en een bijbehorend B-cijfer ten opzichte van de respectieve gemiddelden der duplo's vertoonden moesten in het algemeen aan dezelfde zijde van deze gemiddelden liggen en bovendien wat hun grootte betreft enigszins gecorreleerd zijn, indien althans de bedoelde afwijkingen te groot waren om aan de onnauwkeurigheid van de analyse-techniek in engere zin te worden geweten.

Een eenvoudige grafiek, waarin tegen elkaar waren uitgezet: het algebraïsche verschil tussen het eerste en het tweede B-cijfer van een vijftigtal bepalingen en hetzelfde verschil voor de bijbehorende A-cijfers demonstreerde een onmiskenbaar verband tussen deze beide verschillen.

Teneinde dit verband in cijfers weer te geven, is voor enige groepen van het materiaal de correlatiecoëfficiënt berekend. Voor deze berekening werden twee groepen A-cijfers gekozen, nl. één groep met A-cijfers tussen 10 en 20 en één met A-cijfers tussen 20 en 30, alsmede twee groepen B-cijfers namelijk één met B-cijfers tussen 0,100 en 0,200 en één met B-cijfers tussen 0,200 en 0,300. Op deze wijze ontstonden vier combinaties. Uit een willekeurig analyseboek werden nu van elke combinatie de eerste vijftig representanten genomen. Tabel 1 toont de voor deze combinaties gevonden correlatiecoëfficiënten. In aanmerking genomen het aantal waarnemingen waaruit deze coëfficiënten werden berekend, gaven deze laatste een afdoende waarborg voor het bestaan van het veronderstelde verband.

TABEL 1. Verband tussen het algebraïsche verschil der duplobepalingen van een A-cijfer en hetzelfde verschil van een bijbehorend B-cijfer

B-cijfer	0,1-0,2	0,2-0,3	B-figure
Correlatiecoëfficiënten ¹ bij A-cijfers 10-20	0,52	0,76	Correlation coefficients ¹ at A-figures 10-20
Correlatiecoëfficiënten ¹ bij A-cijfers 20-30	0,49	0,72	Correlation coefficients ¹ at A-figures 20-30

¹ Berekend uit 50 waarnemingen.

¹ Calculated from 50 observations.

TABLE 1. Correlation between the algebraic difference of duplicate determinations of A-figures and the corresponding difference of the connected B-figures

Dat de correlatiecoëfficiënt toeneemt bij stijging van het B-cijfer zal wel geweten moeten worden aan het feit, dat de invloed van de procentuele analyse-onnauwkeurigheid van de B-cijferbepaling dan snel minder wordt. De invloed van de kleine analyse-onnauwkeurigheid van de bepaling van het A-cijfer is veel minder afhankelijk van de grootte van het A-cijfer.

Het bovenstaande betoog impliceert overigens dat, ten tijde van het onderzoek, het C-cijfer overal in een monster min of meer gelijk was. Deze gevolgtrekking lag in de lijn der verwachtingen. Immers in het algemeen verliepen voor elk monster enige maanden tussen de datum van bemonstering en de datum van onderzoek. Dit tijdsbestek was waarschijnlijk ruimschoots voldoende om in de monsterpot een nivellering van eventuele variaties in C-cijfer te bewerkstelligen.

Een sterke aanwijzing voor de juistheid van deze veronderstelling werd nog gevonden door in grote kluiten grond het effect van de diffusie na te gaan. Hiertoe werden enige kluiten met een diameter van 20 à 25 cm verzameld, waarin bij een gelijk A-cijfer het C-cijfer van buiten naar binnen sterk daalde. Deze kluiten werden in het laboratorium tezamen met een beker glas water onder een stomp bewaard. Na vier weken werden monsters genomen, wederom zowel van de schil als van de kern van de kluit, en toen bleek het C-cijfer door de gehele kluit heen reeds practisch gelijk te zijn geworden.

Hoewel de diffusiesnelheid in een kluit wellicht enigszins afwijkt van die in een grondmonster, mag, indien het A-cijfer niet te laag was en de grond in de pot goed was aangedrukt – dit laatste was altijd het geval – worden aangenomen, dat de periode die verliep tussen de bemonstering en het onderzoek (meestal twee à drie maanden, soms meer) lang genoeg was om eventuele variaties in C-cijfer in het monster te doen verdwijnen.

Overigens kan de vraag worden gesteld of gedurende deze lange bewaring ook vocht-verliezen optraden. Dit bleek niet zo te zijn, indien althans de potten voorzien waren van gave en goed sluitende deksels. Om aan te tonen dat een betrekkelijk langdurige bewaring van de monsters geoorloofd was, behoefde geen speciaal onderzoek te worden ingesteld, omdat een normale routinecontrole reeds uitsluitend gaf. Van de te Middelharnis geanalyseerde monsters werd namelijk 10 % voor controle eveneens te Goes onderzocht. Hoewel tussen het onderzoek te Middelharnis en de controle te Goes meestal twee tot drie maanden verliepen, werd van systematische verschillen in de A-cijfers nooit iets bemerkt.

Tenslotte rest nog de vraag: Met welke middelbare fout zijn de door het laboratorium afgeleverde A-, B- en C-cijfers (dat zijn dus altijd gemiddelden van duplobepalingen) nu uiteindelijk belast? Of met andere woorden: Hoe groot is nu de totale analysefout (dus afgezien van de te velde bij de bemonstering gemaakte fouten) van de gebruikte cijfers? Een nauwkeurig antwoord op deze vraag is niet te geven omdat de fout van de analyse sterk afhangt van de mengfout en dus van de homogeniteit van het monster. En deze homogeniteit kon kennelijk sterk variëren. Zo werd een zevental groepen onderzocht op de fout van het A-bepalingen (in totaal omvattend 470 bepalingen) onderzocht op de fout van het A-bepalingen (in totaal omvattend 470 bepalingen) onderzocht op de fout van het A-bepalingen (dit was voor alle groepen ± 25). Een groep van 50 waarnemingen leverde als middelbare fout van een bepaling 0,76 %, een andere even grote groep daarentegen 1,8 %. Dit indiceert dat de waarde van de cijfers in tabel 2 – hoewel in totaal enkele duizenden bepalingen zijn verwerkt – ten gevolge van de zeer uiteenlopende en vaak grote fouten van de bepalingen, slechts beperkt is.

Niet alleen het onderzoek in het laboratorium is met een zekere onnauwkeurigheid

TABEL 2. Middelbare fouten van, uit duplobepalingen berekende, A-, B- en C-cijfer

A	sA in %	B	sB in %	C	sC in %
5	3,0	0,05	4,5	1	10
10	1,9	0,15	2,2	2	5
15	1,6	0,25	1,8	5	2,4
20	1,5	0,35	1,7	10	1,3
25	1,4	0,45	1,6	15	1,1
		0,55	1,5	25	1,0

TABLE 2. Mean errors of A-, B- and C-figures as calculated from duplicate analyses

belast, ook aan de monsterneming kleven fouten. Er kunnen systematische fouten worden gemaakt, zoals b.v. het bemonsteren van een te dikke laag indien samenpersing van de boorkernen optreedt. Verder komen toevallige fouten voor, indien het monster niet representatief is voor de bemonsterde plek of indien, door onvoldoende menging, de grond in de monsterpot geen goed gemiddelde vormt van de gezamenlijke boorkernen.

Enkele opmerkingen over de systematische fouten volgen hieronder. De toevallige fouten, die voornamelijk bepaald worden door de gelijkmatigheid der A-, B- en C-cijfers te velde, komen in de volgende paragraaf aan de orde.

De systematische fouten die te velde kunnen worden gemaakt bij het nemen van de monsters zijn uitgebreid behandeld door ZUUR (1938). Al het mogelijke werd gedaan om deze fouten te vermijden. Bij alle bemonsteringen – voorzover niet door de schrijver zelf uitgevoerd – was een ervaren karteerder aanwezig. Er werd scherp op toegezien dat in de boor geen samenpersing van de bemonsterde lagen optrad. Het uit de boor lopen van zandige lagen kon vaak voorkomen worden door dieper te boren dan de te bemonsteren laag, door het boorgat enigszins te verwijden of door scheef te boren. Op droge winderige dagen werd, teneinde de indroging van de monsters tegen te gaan, gebruik gemaakt van grote mengzeilen die telkens nadat er een boorkern was opgebracht, werden toegevouwen. Ook werd het mengen te velde wel vermeden door de boorkernen alle rechtstreeks in een driepondspot te brengen.

Dergelijke maatregelen om de indroging van de monsters te voorkomen, waren – althans in Zeeland – geenszins overbodig. (Daarentegen verliep b.v. in de Wieringermeer het boren – ten gevolge van de zachtheid van de grond – veel sneller, waardoor bij het onderzoek van ZUUR het gevaar voor indroging van de monsters veel geringer was.) Zo werden in April 1947 enige bemonsteringen uitgevoerd op Walcheren, waarbij steeds van iedere boorkern – voor elke bemonstering werden 16 boringen verricht – de helft rechtstreeks in een 150 ml flesje werd gebracht, dat hierna terstond werd gesloten. De andere helften werden op een mengzeil verzameld en verder op de gebruikelijke wijze behandeld. Deze bemonstering nam natuurlijk iets meer tijd in beslag dan normaliter het geval was en bovendien was het op beide dagen zonnig en winderig, dus sterk drogend, weer, maar de A-cijfers van de mengmonsters lagen dan ook vrijwel zonder uitzondering lager dan de gemiddelde A-cijfers van de apart geanalyseerde boorkernhelften (tabel 3).

ZUUR (1938) had reeds de resultaten van bemonsteringen met lepelboren vergeleken met die van bemonsteringen met aardappelboren. Dit onderzoek is in Zeeland herhaald

TABEL 3. Zuidwatering, Walcheren, 1947. Indroging van grondmonsters gedurende de bemonstering

TABEL 3. Zuiderwatering, waalvieren, 1947. Inbrenging van zand

Datum en plaats van bemonstering									
3-4-1947 Nabij Oost-Souburg					19-4-1947 Nabij Rijthem				
Laag in cm	Plek 1		Plek 2		Laag in cm	Plek 1		Plek 2	
	\bar{A}^1	\bar{A}_m^4	\bar{A}	A_m		\bar{A}	A_m	\bar{A}	A_m
0-10	27,3	26,9	25,0	24,4	0-10	30,0	28,6	26,0	26,3
10-20	27,8	26,2	24,1	23,2	10-20	33,7	33,5	29,7	27,7
20-30	27,4	26,5	25,4	24,3	20-30	32,8	31,9	27,4	26,1
30-35	27,7	25,8	26,2	24,8	30-40	28,8	28,0	27,4	26,2
Layer in cm	\bar{A}	A_m	\bar{A}	A_m	Layer in cm	\bar{A}	A_m	\bar{A}	A_m
	Spot 1		Spot 2			Spot 1		Spot 2	
3-4-1947 Near Oost-Souburg					19-4-1947 Near Rithem				
Place and date of sampling									

¹ \bar{A} = A-cijfer, gemiddelde van 16 apart onderzochte halve boorkernen.

\bar{A} = Mean value of 16 A-figures obtained from separately analysed halves of soil cores.

² A_m = A-cijfer van het mengmonster gevormd door menging van 16 halve boorkernen.

A_m = A-figure of mixed sample made of the same 16 soil cores.

TABLE 3. Zuidwatering, Walcheren, 1947. Loss of water from soil samples during sampling.

en uitgebreid met een onderzoek van andere technieken, zoals b.v. wel en niet mengen te velde, het gebruik van gehele boorkernen of repen ervan, het analyseren van alle boorkernen apart vergeleken met de analyse van een mengmonster.

Het analyseren van alle boorkernen apart is ongetwijfeld de betrouwbaarste methode. In de eerste plaats worden hiermede de mengfouten te velde en in het laboratorium vermeden en bovendien krijgt men meteen een inzicht in de betrouwbaarheid van de gemiddelde waarden van A, B en C. De methode vergt evenwel teveel tijd om in het groot te kunnen worden toegepast. De andere technieken zijn trouwens voor veel berekeningen ook voldoende nauwkeurig.

Een bemonstering in de Grenadierpolder op Walcheren op 26 November 1945 leverde hiervoor nog eens het bewijs. Hier werd geboord met een aardappelboor, waarbij elke boorkern apart werd onderzocht, en met een Feekesboor, waarbij alle boorkernen in één driepondspot werden verzameld zonder menging. De normale techniek werd ook toegepast, dus menging te velde en herbemonstering van het mengmonster, terwijl ten slotte een methode werd onderzocht, die later vrijwel nooit meer is gebruikt. Hierbij werd in de boor van de boorkern zoveel weggesneden, dat de overgebleven reepjes grond gezamenlijk juist een pot vulden. De tijdwinst verkregen doordat het mengen achterwege bleef, woog bij lange na niet op tegen het tijdverlies veroorzaakt door het voorzichtig uitsteken van een reep uit de boorkern. Uit het onderzoek van de losse boorkernen kon worden berekend welke spreiding mocht worden verwacht indien geen mengfouten aanwezig waren. Het bleek toen dat alle B-cijfers en alle C-cijfers binnen de te verwachten grens bleven en twee van de vier A-cijfers. In één geval was het verschil met het berekende A-cijfer zo groot, dat, zelfs indien men op een flinke mengfout rekende (en dat mocht niet, gezien de kleine variatie in het A-cijfer), het gemiddelde A-cijfer niet als representatief kon worden beschouwd. De gegevens van deze

boringen zijn vermeld in tabel 4. Afgezien van de „reepjestechniek” bleken dus alle hier geprobeerde werkwijzen wel bruikbaar.

TABEL 4. Grenadierpolder, Walcheren, 1945. Invloed van de wijze van bemonsteren op de verkregen A-, B- en C-cijfers.

Datum van bemonstering: 26-11-1945 Laag: 5-20 cm	A	B	C	Place and date of sampling: 26-11-1945 Layer: 5-20 cm
a. 16 boorkernen van een aardap- pelboor; alle apart onderzocht	21,6 ± 0,25	0,23 ± 0,016	10,7 ± 0,78	a. 16 soil cores sampled with wide sampler (60 mm ø): analysed sepa- rately
b. 16 boorkernen van een Feekes- boor; zonder menging in drie- pondspot gedaan	21,8	0,22	10,2	b. 16 soil cores sampled with narrow sampler (25 mm ø): mixed during sampling
c. 16 boorkernen van een Feekes- boor gemengd; deel van het mengsel in pondspot gedaan	21,5	0,24	11,0	c. 16 soil cores sampled with narrow sampler (25 mm ø): mixed during sampling
d. 16 boorkernrepen van een Fee- kesboor, waarmede juist een pondspot gevuld kon worden	21,0 23,2	0,24 0,24	11,3 10,1	d. sectors of 16 soil cores sampled with narrow sampler (25 mm ø): mixed during sampling

TABLE 4. Grenadierpolder, Walcheren, 1945. Influence of sampling technique on A-, B- and C-figures.

Behalve aan fouten, inhaerent aan de analyse en aan de monsterneming, moet ook nog aandacht worden geschonken aan fouten veroorzaakt door de toegepaste omrekeningen.

Zo werd een bron van foutenmogelijkheden gevormd door het omrekenen der A- en B-cijfers op W- en Z-cijfers. Hiervoor was nl. kennis van het volumegewicht van de grond vereist. Nu is het bepalen van volumegewichten een zeer tijdrovende bezigheid, omdat het nemen der daarvoor benodigde monsters vaak uitermate lastig is. Daarom werd de mogelijkheid overwogen om voor dit volumegewicht vaste waarden te gebruiken. Verwacht kon worden dat de doorgaans humusarme Zeeuwse gronden (BUWALDA, 1951) een volumegewicht zouden vertonen in de buurt van de door KOORNNEEF (1945) gevonden cijfers, dus omstreeks 1,4. Met dit cijfer is dan ook verder gewerkt.

Gedurende de jaren dat het onderzoek plaats vond, werden voor allerlei doeleinden, in tal van profielen en op uiteenlopende diepten volumegewichten bepaald, in totaal ongeveer 230 (altijd als gemiddelde van minstens vijf bepalingen). Bij wijze van controle achteraf zijn deze cijfers ook nog eens aan een nadere beschouwing onderworpen. Hierbij bleek dat de aangenomen waarde van 1,4 wel bruikbaar mocht worden geacht. Als gemiddelde van alle waarnemingen werd 1,44 gevonden. In de bovenste centimeters van sterk verslechte bouwvoren en in ploegzolen werden soms cijfers gevonden die belangrijk hoger lagen (tot ± 1,6), terwijl anderzijds de, meestal dunne, sliklagen, die plaatselijk tijdens de inundaties waren afgezet, alsmede sommige zeer losse bouwvoren waarden vertoonden van omstreeks 1,3. Deze afwijkende cijfers, die meestal slechts betrekking hadden op dunne lagen, maakten dat in de laag van 0-10 cm de schommeling om het gemiddelde vrij groot was en dat in de lagen van 10-20 cm en 20-40 cm (de lagen waarin de ploegzolen voorkwamen) het gemiddelde iets boven de 1,44 lag. Afgezien van de bovenste 10 cm was de middelbare fout van de bepaling voor elke laag (en

dit waren dan de bij het zoutonderzoek in Zeeland gebruikelijke lagen 10-20, 20-40, 40-60 en 60-80 cm) 0,06 à 0,08.

Ter voorkoming van grote fouten werd bovendien in het algemeen aan de volgende regels vastgehouden.

1. Indien van een profiel enige lagen wel eens een A-cijfer vertoonden groter dan 40, werd dit profiel niet voor berekeningen gebruikt.
2. Indien in één laag het A-cijfer ver boven 40 uitkwam, werd het betreffende profiel eveneens afgeschreven.

Deze regels berusten op het feit dat bij een A-cijfer hoger dan 40, het volumegewicht nooit hoger kan zijn dan 1,3, zelfs niet indien men aanneemt dat verder geen lucht in de grond aanwezig is en dat de grond humusarm is, zodat het soortelijk gewicht van de droge grond op ongeveer 2,65 mag worden gesteld.

Om te voorkomen dat de bodemtypen met veen in de ondergrond bij elke berekening zouden uitvallen, werden van de veenlagen soms volumegewichten geschat. Dit was mogelijk indien van deze lagen het humusgehalte bekend was.

Ondanks alle voorzorgen bleef echter het feit bestaan dat door de, overigens noodzakelijke, omrekening van de A- en B-cijfers op W- en Z-cijfers, de onderzoekingen nog weer met een extra, zij het weinig storende, onzekerheid werden belast.

In de berekeningen school nog een andere moeilijkheid. De ontzilting, die in een profiel was opgetreden, werd uitgedrukt in mm waterpassage. Bij de voor deze wijze van weergeven noodzakelijke berekening werd voor het C-cijfer van het uit het profiel zakkende water het gemiddelde genomen van de C-cijfers van de onderste nog in de berekening betrokken laag, zoals die gevonden waren aan het begin en aan het einde van de beschouwde ontziltingsperiode. Aangezien het verloop van deze C-cijfers tijdens de ontzilting niet bekend was, was deze rekenwijze alleen geoorloofd indien de verschillen tussen het begin- en het eindcijfer klein waren. Juist in het geval van een sterke ontzilting was het verschil vaak groot. Dit had dan ten gevolge dat van een dergelijke sterke ontzilting strikt genomen niet veel meer kon worden gezegd, dan dat er blijkbaar een sterke waterpassage was geweest; een enigszins exacte waarde voor deze waterpassage kon niet worden berekend.

Hoewel plekken waarvan het C-cijfer in de onderste laag van het bemonsterde profiel tijdens de waarnemingsperiode sterk daalde, niet geschikt waren voor de bestudering van de waterbeweging door de grond, werd voor dergelijke plekken de gebruikelijke berekening van de neerwaartse waterpassage wel altijd uitgevoerd.

Indien men aanneemt dat de daling van het C-cijfer van de onderste laag van de beschouwde profielen ongeveer verloopt als in figuur 17 is aangegeven voor de laag 5-20 cm, dan volgt uit deze veronderstelling dat men – afhankelijk van de keuze der bemonsteringsdata – een gemiddeld C-cijfer kan berekenen dat boven, op hetzelfde niveau als, of beneden het werkelijke gemiddelde C-cijfer ligt. Dat wil zeggen dat men, in dezelfde volgorde, een te kleine, een normale of een te grote neerwaartse waterpassage berekent.

Of de eerste beide gevallen zich hebben voorgedaan is veelal moeilijk te zeggen. De verdamping gedurende de wintermaanden is al niet erg nauwkeurig bekend en de bovengrondse afvoer is bijzonder moeilijk te schatten. Men weet dus niet hoeveel water de grond kan zijn gepasseerd en er kan dus ook niet worden geconcludeerd of de gevonden waarde inderdaad goed is berekend.

Anders is het, indien het berekende gemiddelde C-cijfer beneden het werkelijke gemiddelde C-cijfer ligt. Dan wordt een te grote neerwaartse waterpassage berekend en

er kunnen waarden worden gevonden waarvan de onjuistheid onmiddellijk in het oog springt, doordat voor de neerwaartse waterpassage een cijfer wordt berekend dat in vergelijking met de regenval in de betreffende periode ondenkbaar is.

Een voorbeeld wordt gegeven in tabel 5. De berekende neerwaartse waterpassage bedroeg in dit geval 127 mm, bij een regenval van 66 mm en een vochtverlies uit het bemonsterde profiel van 28 mm.

TABEL 5. Standaardplek OB 23, Oost-Bevelandpolder, 1948. Verloop van de C-cijfers met de diepte.

Laag in cm Layer in cm	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
21 Januari 1948	0,6	0,6	1,4	4,2	11,3
9 Maart 1948	0,4	0,3	0,7	1,6	3,4

TABLE 5. Sampling spot OB 23, Oost-Bevelandpolder, 1948. Changes in C-figures in vertical direction on different data.

In de winters 1945 op 1946 en 1946 op 1947 kwamen sterke dalingen van de C-cijfers onderin het profiel maar zelden voor. In de winter 1947 op 1948 was dit verschijnsel al veel algemener. Gelukkig werden toen tussen herfst en voorjaar enige tussenbemonsteringen uitgevoerd, waardoor voor de meeste plekken althans gedeelten van de totale waarnemingsperiode konden worden gebruikt. In de daarop volgende winters was – ten gevolge van de hiervoor genoemde onbetrouwbaarheid in de berekening van het C-cijfer van het afgevoerde water – voor verscheidene plekken de berekening van de neerwaartse waterpassage niet mogelijk.

Maar zelfs indien tijdens de waarnemingsperiode het C-cijfer van het uit het profiel afgevoerde water slechts weinig is veranderd, dan nog dient men met het opzetten van berekeningen over de neerwaartse waterpassage grote voorzichtigheid te betrachten. Het komt namelijk in met zeewater overstroomde gronden nog al eens voor dat, hetzij doordat het zeewater slechts tot geringe diepte is binnengedrongen, hetzij doordat tijdens de zomer een sterke capillaire opstijging heeft plaats gevonden, de grond onderin minder zout is dan bovenin. Wanneer in een dergelijk geval de ontzilting inzet dan kan het gebeuren dat het C-cijfer in de onderste laag eerst stijgt ten gevolge van de toevoer van het tamelijk zoute water van boven om pas daarna te gaan dalen. Neemt men in zo'n geval voor het C-cijfer van het afgevoerde water het gemiddelde van de waarden aan het begin en het einde van de waarnemingsperiode, dan zal dit berekende gemiddelde lager zijn dan het werkelijke, met als gevolg een te groot berekende neerwaartse waterpassage. Zo werd voor de plek S 1 (tabel 6) een neerwaartse waterpassage gevon-

TABEL 6. Standaardplek S 1, Schouwen-Duiveland, 1945 op 1946. Verloop van de C-cijfers met de diepte voor en na de winter.

Laag in cm Layer in cm	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
1 November 1945 . .	20,1	20,0	11,8	9,6	8,8
26 Maart 1945	0,6	0,7	1,7	4,5	5,8

TABLE 6. Sampling spot S 1, Schouwen-Duiveland, 1945/1946. Changes in C-figures in vertical direction before and after the winter.

den die zelfs, al werd de verdamping verwaarloosd, nog 60 mm groter zou zijn geweest dan met de regenval overeenkwam.

De eindconclusie uit het voorgaande is, dat plekken waarvan het C-cijfer in de onderste laag van het profiel tijdens de waarnemingsperiode sterk is gedaald, niet mogen worden gebruikt voor de berekening van de neerwaartse waterpassage en dat voor alle overige plekken geval voor geval dient te worden nagegaan of de zoutverdeling over het profiel vóór de aanvang van de ontziltingsperiode zodanig is dat in het C-cijfer van de onderste laag geen oncontroleerbare stijgingen kunnen optreden.

Deze paragraaf moge worden gecombineerd met een kleine beschouwing over de betekenis en het gebruik van de termen capillaire opstijging en neerwaartse waterbeweging.

In hoofdstuk II wordt steeds geschreven over capillaire opstijging. Hieronder is dan verstaan de hoeveelheid water die, blijkens de stijging van de B-cijfers, het bemonsterde (en boven het grondwater gelegen) profiel is binnengedrongen. Dit aangevoerde water moet ergens vandaan zijn gekomen. Indien de bemonsterde lagen tijdens de waarnemingsperiode permanent boven het grondwater liggen, is de kans op aanvoer van ter zijde gering. Het water moet dan dus zijn aangevoerd van beneden profiel diepte. Deze aanvoer vanuit de ondergrond (beneden profiel diepte) kan daar of resulteren in een verlaging van het vochtgehalte (en dus ook van het zoutgehalte) of gecompenseerd worden door aanvoer vanuit het grondwater. Maar het eerste geval kan zich ook voordoen binnen profiel diepte. Dit impliceert dat de term capillaire opstijging alleen betekenis heeft, indien er bij wordt vermeld over welke diepte deze opstijging is berekend. Men zal veelal voor de lagen 0-20, 0-40 en 0-80 cm verschillende waarden voor de capillaire opstijging vinden, omdat het heel wel mogelijk is dat het water, dat b.v. tot in de bouwvoor is opgestegen, niet op 80 cm is gepasseerd. Het kan immers ten dele afkomstig zijn uit de laag van 20-80 cm.

Indien nu de gegevens betreffende de capillaire opstijging moeten worden gebruikt om de totale verdamping van gewas + grond te berekenen, dan is een rekenwijze, waarbij alleen de capillaire opstijging door het vlak van 80 cm onder maaiveld wordt beschouwd, wel verantwoord zolang de diepte van bemonstering (80 cm) niet kleiner is dan de bewortelingsdiepte van het gewas. Immers de totale verdamping bestaat dan (afgezien van de verdampende regen) uit het vochtverlies in de laag 0-80 cm, vermeerderd met het water dat door het vlak van 80 cm onder maaiveld naar boven is gestegen.

Of het water in de laag 60-80 cm ter plaatse door de plantenwortels is opgenomen of eerst capillair naar de laag 40-60 cm is opgestegen, doet voor de berekening niet ter zake. Bovendien kan, indien de plantenwortels niet dieper dan 80 cm reiken, een eventueel vochtverlies in de dieper gelegen lagen slechts een gevolg zijn van de capillaire opstijging van water naar de bewortelde zone (aangenomen dat geen uitzakking van water heeft plaats gevonden). Een dergelijk vochtverlies is dan ook reeds in de berekening van de capillaire opstijging verdisconteerd en kan dus verder buiten beschouwing blijven.

Eenzelfde redenering als voor de capillaire opstijging geldt, *mutatis mutandis*, voor de berekening van de ontziltiging (uitgedrukt in mm afgevoerd water).

Zo heeft de berekening van de neerwaartse waterbeweging eveneens slechts waarde indien voorzien van een indicatie voor welke diepte de berekening is opgezet. Immers de neerwaartse waterbeweging berekend over de laag 0-40 cm kan anders zijn dan die

berekend over de laag 0-80 cm. Een deel van het op 40 cm diepte gepasseerde water kan in de laag 40-80 cm hebben gediend voor aanvulling van een vochtdeficit. Voor een berekening van de hoeveelheid regen die de grond is binnengedrongen, zijn deze verschillen niet bezwaarlijk, mits men de beschouwde laag niet te dun neemt. (In dat geval mag het C-cijfer van het bodemvocht in de betreffende laag namelijk niet gelijk gesteld worden aan het C-cijfer van het uitzakkende water.) Wil men echter weten hoeveel water werkelijk is vrijgekomen voor afvoer naar drains, sloten en tochten, dan moet zo diep worden bemonsterd dat het A-cijfer van de onderste laag van het bemonsterde profiel tijdens de waarnemingsperiode niet noemenswaard is gestegen. Slechts dan bestaat de zekerheid dat het uit het betreffende profiel weggezakte water ook uit de dieper gelegen lagen inderdaad werd afgevoerd.

Voorts geldt ook voor de berekening van de neerwaartse waterpassage dat, indien tijdens de waarnemingsperiode de grondwaterstanden tot binnen profieldiepte stijgen, waterbeweging in zijwaartse richting kan plaats vinden, waardoor de op blz. 5 gegeven berekening van de waterpassage zijn waarde kan verliezen; hierbij is nl. aangenomen, dat het water verticaal wegzakt en dus met het zoutgehalte van de onderste laag het profiel verlaat. Desondanks kan, indien een perceel waterbeweging in zijwaartse richting vertoont, de foutieve berekening van de afgevoerde hoeveelheid water nog wel worden gebruikt om de ontziltingssnelheid van het betreffende perceel met die van andere percelen te vergelijken. Conclusies met betrekking tot de hoeveelheid regen die door de grond moet zijn afgevoerd, mogen uit de berekening echter niet worden getrokken.

Dit had ten gevolge dat bijvoorbeeld voor drainsleuven en hun naaste omgeving geen neerwaartse waterpassages konden worden berekend. Vlak bij een drain kan nl. water verticaal wegzakken, maar beneden draindiepte kan tegelijkertijd water verticaal omhoog worden gestuwd, bovendien kan van terzijde (zowel in schuins opwaartse als in schuins neerwaartse richting) water naar de drain vloeien.

Overigens leerde de ervaring dat in goed ontwaterde jonge gronden alsmede in de kreekruigegronden van de oudere polders de invloed van het watertransport in zijwaartse richting op de berekening van de neerwaartse waterpassage niet groot was, afgezien dan van de drainsleuven en hun naaste omgeving. In de poelgronden, waar soms reeds op geringe diepte vrijwel ondoorlatende lagen voorkomen, kan de genoemde invloed wel groot zijn.

In het laatste geval kan men dan een andere methode toepassen om de neerwaartse waterpassage te berekenen, door niet te werken met het gemiddeld C-cijfer van de onderste laag van het profiel, maar met het gemiddelde zoutgehalte van het door de drains afgevoerde water.

Een dergelijke werkwijze is door ZUUR toegepast in de Wieringermeer en door VAN DER MOLEN in de Noordoostpolder voor het proefveld C 58.

In Zeeland is deze mogelijkheid nooit gebruikt, omdat voor de terreinen waarvan drainwater werd opgevangen, de z.g. ontwateringsproefvelden, een dergelijke rekenwijze niet nodig en niet mogelijk was. Niet nodig omdat het effect van de weinig belangrijke zijwaartse waterpassage op de berekening van de neerwaartse waterpassage gering was en niet mogelijk, omdat op al deze proefvelden enige ondergrondse afvoer voorkwam buiten de drains om, terwijl bovendien de diepere ondergrond veelal andere C-cijfers vertoonde dan de onderste laag van de beschouwde profielen, waardoor het zoutgehalte van het afgevoerde drainwater een onbruikbare grootheid werd.

4. OVER DE ONGELIJKMATIGHEID DER A-, B- EN C-CIJFERS TE VELDE

Reeds in 1945, toen het onderzoek nog maar kort op gang was, kwam aan het licht, dat de A-cijfers, maar vooral de B- en de C-cijfers op een stuk grond ter grootte van een monsterplek sterk konden variëren. (Men zie ook SMEDING, 1921.) Deze waar-neming had twee gevolgen: In de eerste plaats werden – teneinde te kunnen beoordelen in hoeverre een monster werkelijk representatief was voor de onderzochte plek – steeds meer bemonsteringen in tweevoud of in drievoud, ja soms zelfs in vijfvoud uitgevoerd. In de tweede plaats werden van vele bemonsteringen de boorkernen stuk voor stuk onderzocht. Deze laatste bemonsteringen werden meestal zo opgezet, dat niet alleen de omvang maar tevens de oorzaken van de variabiliteit konden worden bestudeerd. Met dit type bemonsteringen is reeds een aanvang gemaakt in 1945 en er is mee voortgegaan tot in 1948.

Het bemonsteren in tweevoud had, vergeleken met het onderzoek der losse boor-kernen, het voordeel – nog afgezien van het feit dat er veel minder behoefde te worden geanalyseerd – dat de fouten veroorzaakt door de menging te velde in de gevonden cijfers waren begrepen. Overigens vielen deze mengfouten te velde vergeleken met de mengfouten in het laboratorium meestal wel mee. Dit lag ook in de lijn der verwach-tingen, omdat vaak een belangrijk deel van de met de boringen verkregen grond nodig was om de monsterpot te vullen. Afhankelijk van de gebruikte boren en van het type monsterpot was 10 tot bijna 100 % – meestal 30 tot 60 % – van de verzamelde grond nodig om de monsterpot te vullen. Daarentegen werd in het laboratorium voor elk der duplobepalingen slechts 4 tot 5 % van de inhoud van de monsterpot gebruikt, waar-door de kans op fouten tengevolge van het niet homogeen zijn van het monster aan-merkelijk steeg.

Een voorbeeld van de geringe invloed van de menging in het veld op de verkregen cijfers leverden de meergemelde bemonsteringen in Oost-Walcheren in April 1947. Bij deze bemonsteringen werden steeds 16 boorkernhelften apart onderzocht, de andere 16 helften werden gemengd en van dit mengsel werd ongeveer 60 % gebruikt om een mengmonster samen te stellen. Tabel 7 toont de vergelijking tussen de gemiddelde B-cijfers van de 16 boorkernen en de B-cijfers van de bijbehorende mengmonsters. De B-cijfers zijn tot op 2 decimalen afgerond, omdat altijd met afgeronde B-cijfers werd gewerkt.

Uit de tabel blijkt dat de waarden, die de mengmonsters opleverden, vrijwel altijd binnen de grenzen lagen, die uit de cijfers gevonden in de apart geanalyseerde boor-kernhelften konden worden berekend. Met andere woorden: De tabel toont aan dat in dit geval de menging van practisch elk monster met bevredigende nauwkeurigheid is geschiedt.

Deze bemonsteringen in tweevoud (in totaal enige honderden) leerden dat er ten aanzien van de betrouwbaarheid van de monsters grote verschillen bestonden. En hoe-wel deze soort bemonsteringen bedoeld waren om de waarde van het cijfermateriaal wat beter te kunnen beoordelen en niet om studies over de betrouwbaarheid zelf op te zetten, konden toch aan de hand van de verzamelde gegevens reeds terstond enige al-gemene conclusies worden getrokken. Zo bleek – indien de granulometrische samen-stelling van de grond niet al te bont was – het A-cijfer, althans in de wintermaanden van plek tot plek weinig te variëren.

Ten aanzien van de B- en de C-cijfers lag de situatie enigszins anders. Van deze cij-fers was de betrouwbaarheid groot, indien de ontzilting nog niet begonnen of reeds

TABEL 7. Zuidwatering, Walcheren, 1947. Invloed van de mengfout te velde op het B-cijfer.

Datum en plaats van bemonstering									
3-4-1947 Nabij Oost-Souburg					19-4-'47 Nabij Ritthem				
Laag in cm	Plek 1		Plek 2		Laag in	Plek 1		Plek 2	
	\bar{B}^1	B_m^2	\bar{B}	B_m		\bar{B}	B_m	\bar{B}	B_m
0-10	0,03 ± 0,002	0,03	0,04 ± 0,005	0,04	0-10	0,06 ± 0,005	0,05	0,20 ± 0,025	0,18
10-20	0,06 ± 0,005	0,06	0,13 ± 0,008	0,16	10-20	0,12 ± 0,011	0,12	0,25 ± 0,024	0,28
20-30	0,13 ± 0,011	0,13	0,32 ± 0,023	0,32	20-30	0,19 ± 0,012	0,19	0,40 ± 0,021	0,41
30-35	0,21 ± 0,017	0,21	0,43 ± 0,027	0,44	30-40	0,18 ± 0,019	0,17	0,51 ± 0,018	0,50
Layer in cm	\bar{B}	B_m	\bar{B}	B_m	Layer in cm	\bar{B}	B_m	\bar{B}	B_m
	Spot 1		Spot 2			Spot 1		Spot 2	
3-4-1947 Near Oost-Souburg					19-4-1947 Near Ritthem				
Place and date of sampling									

¹ \bar{B} = B-cijfer, gemiddelde van 16 apart onderzochte halve boorkernen. \bar{B} = Mean value of 16 B-figures obtained from separately analysed halves of soil cores.² B_m = B-cijfer van het mengmonster gevormd door menging van 16 halve boorkernen. B_m = B-figure of mixed sample made of the same 16 soil cores.

TABEL 7. Zuidwatering, Walcheren, 1947. Influence of mixing on the reliability of the B-figure.

zeer ver voortgeschreden was. Daartussen lag echter een traject waarin de B- en de C-cijfers van plek tot plek sterk konden variëren. Ter vergelijking zij vermeld dat, over grote series berekend, het verschil tussen de A-cijfers van in duplo genomen monsters hoogstens tweemaal zo groot was als op grond van de totale aan de analyse op zichzelf klevende fout kon worden verwacht. Bij een matige ontziltling was het bovenbedoelde verschil tussen de B-cijfers ruim tweemaal zo groot als kon worden verondersteld, terwijl in dat geval het verschil tussen de C-cijfers zeker wel zesmaal de te verwachten waarde overtrof. Dit laatste wordt begrijpelijk, indien men zich herinnert, dat de fout van de C-cijferbepaling eigenlijk abnormaal gering was wegens het feit dat meestal pas werd geanalyseerd als het C-cijfer in de monsterpot vrijwel constant was geworden.

Nader onderzoek omtrent de oorzaken en de omvang van de geconstateerde onnauwkeurigheden geschiedde meestal met behulp van de methodiek van de analyse der afzonderlijke boorkernen. Toch gaven soms ook de in tweevoud genomen monsters reeds aardige cijfers. Zo zag men wel dat, wegens het feit dat de ontziltling van bovenaf begint, de betrouwbaarheid van de monsters op eenzelfde tijdstip in een profiel van boven naar beneden eerst afnam, om daarna weer toe te nemen. Tabel 8 geeft hiervan enkele voorbeelden.

Ook kon eenzelfde verschijnsel (daling van de betrouwbaarheid gevolgd door een stijging) wel worden geconstateerd in een zelfde laag op achtereenvolgende tijdstippen.

De allereerste bemonsteringen van het tweede type (analyse van de afzonderlijke boorkernen) toonden eveneens aan, dat de betrouwbaarheid van de cijfers nogal kon variëren. Er waren gevallen dat 16 boringen ruim voldoende mochten worden geacht, ja, dat zelfs met 10 boringen had kunnen worden volstaan, om de fout van de bemon-

TABEL 8. Standaardplekken VB 3, S 15 en S 20, Schouwen-Duiveland, 1948. Invloed van voortschrijdende ontzilting op de betrouwbaarheid van de C-cijfers.

Laag in cm	Layer in cm	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
Plaats en datum van bemonstering	VB 3; 5-4-'48	1,4 ± 0,1	3,6 ± 1,4	9,4 ± 2,0	16,9 ± 0,3	22,3 ± 0,1
	S 15; 3-5-'48	1,9 ± 0,3	2,7 ± 0,4	7,7 ± 0,9	17,2 ± 0,6	21,4 ± 0,1
Place and date of sampling	S 20; 3-5-'48	4,8 ± 0,9	6,6 ± 0,4	14,8 ± 1,9	22,0 ± 2,0	25,6 ± 0,4

TABLE 8. Sampling spots VB 3, S 15 and S 20, Schouwen-Duiveland, 1948. Influence of proceeding desalinization on the reliability of C-figures.

stering in dezelfde orde van grootte te brengen als de fout van de analyse. Anderzijds kwamen plekken voor, waar – om aan genoemde eis te voldoen – 40 tot 70 boringen nodig waren. Op dergelijke verschillen hebben bijvoorbeeld ook REED en RIGNEY (1947) en ten onzent SCHUFFELEN, HUDIG en WTEWAAL (1944) gewezen.

Overigens vormden deze voorlopige gevolgtrekkingen slechts een aansporing om een nadere studie te maken van de oorzaken van de gevonden variabiliteit. Hiertoe zijn dan ook tal van bemonsteringen uitgevoerd, die voor een groot deel het karakter droegen van microbemonsteringen; dat wil zeggen, er werd van de normale afstand tussen de boorpunten afgeweken en er werden monsters gestoken op zeer geringe onderlinge afstanden. Soms werden – om de monsters dicht opeen en zo zuiver mogelijk te kunnen nemen – de wanden van profielkuilen afgeboord. Van deze bemonsteringen zullen de voornaamste hieronder worden besproken. Hierbij is het niet altijd mogelijk de beschouwingen over de variaties der A-, B- en C-cijfers volledig gescheiden te houden.

Als eerste factor, die de betrouwbaarheid van de A-cijfers beïnvloedt, moge hier worden genoemd de variabiliteit van de granulometrische samenstelling van de grond. Gelukkig zijn vele jonge Zeeuwse gronden over de kleine oppervlakten waarover het hier gaat, wel zo gelijkmatig van opbouw, dat de verschillen in vochtgehalte, ten gevolge van het plaatselijk zandiger of kleirijker zijn van de grond, worden opgevangen door het nemen van 16 boorsteken. Zodra de proefplekken groter worden, nemen de kansen op representatieve cijfers af. Zo schommelde bij achtereenvolgende bemonsteringen van het gipsproefveld AG 4 (Schouwen-Duiveland) het lutumgehalte van de O-veldjes in de laag 40–60 cm van 32,4 tot 27,5 en in de laag van 60–80 cm van 29,2 tot 24,5. Het humusgehalte in de laag 10–20 cm schommelde tussen 4,9 en 6,2. Dit betrof dan monsters samengesteld uit 40 boringen (acht boringen van elk O-veldje), genomen op een oppervlakte van 250 m² en op een perceel dat, over kleine afstanden gerekend, toch een zeer homogene indruk maakte.

Er zijn echter eveneens percelen, waar ook op kleine afstanden de grond zo veranderlijk is, dat zelfs op een normale monsterplek (ter grootte van ± 1 are) bijna geen bruikbare monsters te verkrijgen zijn. Een extreme vorm van granulometrische ongelijkmatigheid vertonen de vergraven poelgronden. Op gelijke diepte boort men in deze gronden nu eens in veen, dan weer in meer of minder humeuze klei. Het is duidelijk dat dergelijke gronden voor het opzetten van berekeningen over de vochthuishouding ongeschikt zijn. In tabel 9 is als voorbeeld van een zodanige grond de monsterplek S 17 gekozen.

TABEL 9. Standaardplek S 17, Schouwen-Duiveland, 1948. Variabiliteit van A-, B- en C-cijfers, voornamelijk ten gevolge van ongelijkmatigheid van de grond.

Laag in cm	Layer in cm	0-20	20-40	40-60	60-80
Datum van bemonstering (date of sampling) 22-4-1948	A ¹	24,3 ± 0,68	29,2 ± 1,3	40,1 ± 3,4	164,2 ± 36,8
	B ¹	0,03 ± 0,005	0,09 ± 0,014	0,34 ± 0,051	2,40 ± 0,59
	C ¹	1,2 ± 0,15	2,9 ± 0,40	8,1 ± 0,79	13,9 ± 0,52

¹ Elk cijfer is een gemiddelde van 16 apart en in duplo onderzochte boringen.
The mean errors are calculated from 16 separately sampled cores, analysed in duplicate.

TABLE 9. Sampling spot S 17, Schouwen-Duiveland, 1948. Variability of A-, B- and C-figures, mainly caused by irregularities of the soil.

Een bijzonder geval van ongelijkmatigheid van A-cijfers ten gevolge van de gesteldheid van de grond vormen de drainsleuven, die vaak vochtgehalten vertonen afwijkend van die in de onvergraven grond naast de sleuven. Een ander voorbeeld betreft de gipsproefvelden waar de verschillen in structuur soms aanleiding gaven tot verschillen in A-cijfers (men zie hiervoor hoofdstuk II blz. 70).

Toch was de ongelijkmatigheid van de grond niet de enige en meestal zelfs niet de belangrijkste oorzaak van de variabiliteit der A-cijfers. Ook de verschillen in afdrogingsnelheid waren bijvoorbeeld van invloed. Zo bleken de verschillen in afdroging die men in het voorjaar te velde waarneemt (het „wit” afdrogen der kluiten) in de vochtgehalten tot uiting te komen. Hiervan geeft tabel 10 enkele bewijzen. In deze gevallen leken de „kopjes” op het oog beoordeeld aanmerkelijk droger dan de „kuiltjes”, welk verschil inderdaad ook in cijfers aantoonbaar was. Het gemiddeld hoogteverschil tussen kopjes en kuiltjes bedroeg 7 cm op het perceel aan de Coppoolseweg en 6 cm in de polder Borrenbrood.

TABEL 10. Variatie in A-cijfer in de laag 0-10 cm, tengevolge van geringe hoogteverschillen (6 à 7 cm).

Plaats en datum van bemonstering	Serie	I ¹	II	III	IV	V	
Walcheren, Coppoolseweg, 18-2-1946	Kopjes	29,9 ²	27,7	27,8	27,6	31,3	<i>High spots</i>
	Kuiltjes	39,2	34,7	33,2	33,2	38,9	
Schouwen-Duiveland, Polder Borrenbrood, 28-3-1946	Kopjes	19,7	21,3	23,7	20,0	18,3	<i>High spots</i>
	Kuiltjes	21,6	23,9	25,6	21,1	21,1	
Place and date of sampling	Series	I	II	III	IV	V	

¹ De series hebben betrekking op plekken, gelegen op verschillende afstanden van de drain.

² Elk cijfer is bepaald in een monster samengesteld uit 5 boringen, verricht in 5 verschillende „kopjes” of „kuiltjes”.

TABLE 10. Differences between A-figures in the layer 0-10 cm, caused by slight undulation of the soil surface. The difference in height between high and low spots is 6-7 cm.

Dat deze verschillen werkelijk voornamelijk werden veroorzaakt door een sneller afdrogen van de kopjes en niet uitsluitend het gevolg waren van een verschil in geaard-

heid tussen de kopjes en kuiltjes bleek uit een bemonstering in de Oost-Bevelandpolder verricht op 21 Januari 1947, dus lang voor de voorjaarsafdroging inzette. De gevonden A-cijfers van de laag 0-10 cm waren voor kopjes (33,2) en kuiltjes (33,4) vrijwel gelijk.

Een ander voorbeeld van ongelijke indroging leverden de opgeslibde gronden op Walcheren. Het slib scheurde in meestal vijfhoekige schollen, die van boven naar beneden indroogden, maar waarvan de grond langs de brede scheuren sneller zijn vocht verloor dan het midden van de schol (tabel 11).

TABEL 11. Zuidwatering, Walcheren, 1946. Versnelde indroging van de grond onder invloed van brede scheuren.

Plaats en datum van bemonstering: Nabij Oost-Souburg, 30-7-1946					
Diepte van de bemonsterde laag in cm beneden maaiveld		0-5	5-10	10-18	Depth of sampled layer in cm below surface
Afstand in cm van de bemonsterde laag tot een brede verticale scheur	0-2	43,8	51,3	59,0	Distance in cm between sampled layer and a wide vertical crack
	2-7	47,8	53,2	60,6	
	7-12	51,4	54,8	65,4	

Place and date of sampling: Near Oost-Souburg, 30-7-1946

TABLE 11. Zuidwatering, Walcheren, 1946. Influence of wide cracks on the rate of drying of a wet soil.

Een belangrijke oorzaak van variabiliteit in de A-cijfers is de onttrekking van vocht aan de grond door de plantenwortels. Deze ongelijkmatige vochtonttrekking (men zie hiervoor ook CONRAD en VEIHMAYER, 1929) kwam onder andere duidelijk tot uiting bij een vergelijking van de bemonsteringen uitgevoerd in September 1947, met die uitgevoerd in Januari 1948, van een drietal standaardplekken in de Oost-Bevelandpolder (tabel 12). (Het betrof hier normale in duplo verrichte routinebemonsteringen.) De ongelijke betrouwbaarheid van een zelfde bemonstering in verschillende jaargetijden werd ook door CLINE (1944) gememoreerd.

TABEL 12. Standaardplekken OB 10, OB 13 en OB 32, Oost-Bevelandpolder, 1947 en 1948. Gestegen ongelijkmatigheid van de vochtverdeling in de grond onder invloed van de wateronttrekkende werking van de plantenwortels (lucerne); nivellerende invloed van de winterregens op de variabiliteit van het vochtgehalte.

Plaats van bemonstering		OB 10		OB 13		OB 32		Place of sampling
Datum van bemonstering		5-9-1947	21-1-1948	6-9-1947	21-1-1948	5-9-1947	21-1-1948	Date of sampling
Laag in cm	0-10	11,4 ± 1,5	27,6 ± 0,9	12,3 ± 1,2	31,9 ± 1,1	8,2 ± 0,6	31,4 ± 0,3	0-10
	10-20	19,5 ± 1,3	28,1 ± 0,2	14,4 ± 1,0	30,6 ± 0,3	15,1 ± 1,0	29,4 ± 0,2	10-20
	20-40	20,0 ± 0,9	27,3 ± 0,2	16,7 ± 0,8	25,7 ± 0,3	17,9 ± 1,0	29,0 ± 0,5	20-40
	40-60	24,7 ± 0,4	28,8 ± 0,3	16,7 ± 1,6	24,2 ± 0,6	15,8 ± 0,8	25,3 ± 0,7	40-60
	60-80	28,6 ± 1,0	35,2 ± 0,3	18,6 ± 0,6	27,5 ± 1,5	17,7 ± 0,6	26,0 ± 0,3	60-80

TABLE 12. Sampling spots OB 10, OB 13 and OB 32, Oost-Bevelandpolder, 1947 and 1948. Mean errors of A-figures at two dates. High mean errors in autumn, caused by irregular uptake of water by plant roots. Low mean errors in winter, caused by the equalizing effect of precipitation.

De nauwkeurigheid van de B-cijfers wordt eveneens beïnvloed door de ongelijkmatigheid van de grond. Ook dit komt in tabel 9 naar voren. Maar bij de B-cijfers overtroffen de ongelijkmatigheden die het gevolg waren van de water- en daarmee gepaard gaande zoutbeweging in verreweg de meeste gevallen de uit de ongelijkmatigheid van de grond resulterende. Dit effect komt bij de bespreking over de variatie van de C-cijfers zo uitgebreid aan de orde, dat een beschouwing over de B-cijfers hier verder overbodig is.

Ten aanzien van de C-cijfers kan worden opgemerkt dat voor zover zuiver de variabiliteit van de grond (d.w.z. verschillen in A-cijfer tengevolge van variatie in lutumgehalte of vochttoestand en verschillen in B-cijfer tengevolge van variatie in lutumgehalte) in het geding is, deze weinig invloed heeft op het C-cijfer. Dit bleek reeds uit de cijfers van S 17 (tabel 9). Ondanks de exorbitante variaties in A- en B-cijfer van de laag 60–80 cm was het C-cijfer van deze laag behoorlijk constant. Veel belangrijker dan de ongelijkmatigheid van de grond is de ongelijkmatigheid van de waterpassage door de grond. Deze laatste is de voornaamste oorzaak van grote verschillen in C-cijfer op korte afstand. Het lag voor de hand om te veronderstellen dat de ongelijkmatigheid in de granulometrische samenstelling van de grond de waterbeweging beïnvloedde en via de laatstgenoemde toch nog van belang was voor de variabiliteit der C-cijfers. Een dergelijk effect is inderdaad wel eens geconstateerd, maar in het algemeen waren het andere factoren, die de ongelijkmatigheid van de waterbeweging in de grond bepaalden. Soms konden voor een waargenomen variatie in C-cijfer in het geheel geen oorzaken worden opgespoord.

De intensiteit van de waterpassage was niet alleen van invloed op de variabiliteit van de ontziltling, maar ook op de ongelijkmatigheid van de verziltling. Gedurende de inundatie waren de bovenste lagen van de grond als het ware gepercoleerd met zeewater. Het C-cijfer van deze lagen was kort na de inundatie dan ook zeer constant. Dit gold niet voor de bovenste centimeters waar, tengevolge van capillaire opstijging of regenval, weldra schommelingen in het C-cijfer optraden. Maar reeds de laag van 5–20 cm bleef dikwijls nog geruime tijd na het droogvallen van de grond – voorzover dit in het voorjaar plaats vond – een zo constant C-cijfer vertonen, dat 16 boringen ruim voldoende waren om een representatief mengmonster te verkrijgen. Naar beneden toe verminderde de gelijkmatigheid van het C-cijfer geleidelijk. In de dieper gelegen lagen was de doorstroming met zout water minder intensief geweest en daar gingen b.v. verschillen in vochtgehalte van de grond op het moment van de inundatie een rol meespelen.

Een voorbeeld van de betrouwbaarheid der cijfers kort na de inundatie levert de tijdelijke monsterplek A 6 in de Zuid-Watering op Walcheren gelegen (tabel 13). De tabel toont dat het C-cijfer in de laag 0–10 cm hoog is. Dit is een gevolg van indroging van de grond en van capillaire opstijging. Het C-cijfer blijft dan tot 60 cm nagenoeg constant, daarna daalt de invloed van de inundatie en daarmee het C-cijfer. De fout is hoog in de bovenste 10 cm, blijft dan tot 60 cm tamelijk constant en stijgt weer in de volgende laag. De cijfers in de tabel zijn gemiddelden van 5 monsters die in één rij zijn genomen en die werden samengesteld uit 16 boringen met onderlinge afstanden van 0,5 m. In totaal werden dus op een strook van 40 m lengte 80 boringen verricht.

Een soortgelijk onderzoek is reeds eerder door schrijver dezes gepubliceerd (VERHOEVEN, 1950).

TABEL 13. Plek A 6, Zuidwatering, Walcheren, 1946. Verband tussen de variabiliteit van het C-cijfer en de diepte, kort na het droogvallen.

Datum van bemonstering: 18-4-1946						
Laag in cm	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80	Layer in cm
C-cijfer	$39,6 \pm 1,48$	$25,3 \pm 0,33$	$25,1 \pm 0,29$	$23,4 \pm 0,36$	$18,8 \pm 0,63$	C-figure
Date of sampling: 18-4-1946						

TABLE 13. Spot A 6, Zuidwatering, Walcheren, 1946. Relation between mean error of C-figure and depth of sampling, measured shortly after the inundation.

Overigens was de diepte tot welke de grond volledig was verzilt, zeer verschillend. In het algemeen had na de inundatie het bodemvocht tot minstens 60 à 80 cm een C-cijfer gelijk aan dat van het inundatiewater. Soms kon niet worden nagegaan tot welke diepte het zeewater was binnengedrongen, omdat de grond ook voor de inundatie tot dicht onder de oppervlakte geheel was verzilt. Tal van bemonsteringen uitgevoerd op niet-geïndeerde percelen bevestigden het plaatselijk voorkomen van hoge C-cijfers tot dicht onder de oppervlakte van de grond. De duur van de inundatie zal ongetwijfeld ook wel invloed hebben gehad op de diepte van de verzilting (HISSINK, 1907). Door-slaggevende bewijzen voor deze veronderstelling konden echter niet worden verzameld, omdat de inundaties van korte duur eindigden lang voor het onderzoek van dieper gelegen lagen kon aanvangen. Dat de diffusiesnelheid in verschillende gronden grote verschillen zou hebben vertoond, is niet aannemelijk (ZUUR, 1938). Wel was waarschijnlijk het vochtgehalte van de grond op het ogenblik dat de inundatie begon, alsmede het type van de inundatie van invloed op de diepte van de verzilting. Enkele hooggelegen gedeelten van het eiland Walcheren, die gedurende de inundatie slechts af en toe werden overstroomd, maar waarvan het vochtgehalte tijdens de inundatieperiode wegens de gestoorde ontwatering zeer hoog moet zijn geweest, vertoonden een volledige verzilting tot hoogstens 40 cm. Het effect van de aard van de inundatie bleek in de Oost-Bevelandpolder (geïndeerd door een dijkval), waar bij elke vloed het water op het land kwam, terwijl bij eb de drains op volle kracht afvoerden. De grond werd zodoende zeer sterk met zout water gepercoleerd en hier was de grond dan ook tot op minstens 2 m volledig verzilt.

Was dus in het algemeen de variabiliteit der C-cijfers kort na het droogvallen gering, dit veranderde toen de ontzilting inzette (zie tabel 8). In de eerste plaats vertoonde de ontzilting soms een verloop in een bepaalde richting, zodat b.v. een monsterplek die, indien de boringen in twee rijen van acht lagen, 16 m lang was, aan het ene einde een merkbaar sterkere ontzilting kon vertonen dan aan het andere. Een zeer fraai voorbeeld leverde een serie boringen nabij grondwaterstandsbuis no 8 op het ontwateringsproefveld OW 7. De tien boringen werden genomen in één rij midden tussen en evenwijdig aan de drainreeksen. De afstand tussen de boringen bedroeg 2 m. De resultaten van dit onderzoek zijn vermeld in tabel 14. Uit de tabel komt naar voren, dat de C-cijfers midden in de plek merkbaar hoger waren dan aan de beide uiteinden. Een oorzaak voor dit verloop kon – evenals in sommige andere gevallen – niet worden vastgesteld.

Er was één factor, waarvan het effect op de hoogte van de C-cijfers op een bepaalde plek onmiskenbaar was en dat was de ontwateringstoestand ter plaatse. Door ZUUR

TABEL 14. Ontwateringsproefveld OW 7, Walcheren, 1948. Verloop van de C-cijfers nabij grondwaterstandsbuis no 8.

Datum van bemonstering: 22-1-1948													
No. van de boring		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	No. of the boring	
Laag in cm	0-20	1,2	0,6	1,3	1,1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0-20	Layer in cm
	20-60	5,1	3,7	7,0	9,3	10,5	4,2	4,9	2,6	0,4	0,3	20-60	
	60-100	8,7	9,5	10,1	13,1	16,8	14,3	11,7	4,9	2,8	0,6	60-100	
Date of sampling: 22-1-1948													

TABLE 14. Observation field OW 7, Walcheren, 1948. Changes in C-figures in horizontal direction near testwell no 8.

was reeds gewezen op het feit dat b.v. de afstand tot een greppel of drainreeks een negatieve correlatie kan vertonen met de ontzilteling op die plek. In het algemeen kan worden gezegd, dat indien de ontwatering van een monsterplek aanleiding kan geven tot verschillen in waterpassage, ook geen gelijke C-cijfers binnen zulk een plek kunnen worden verwacht. Hieruit volgt dat men nimmer monsterplekken moet kiezen dicht bij sloten, greppels of drains en ook dat men met de ligging van de boorpunten rekening moet houden met de aard van de ontwatering binnen de monsterplek. Op een groot perceel zonder détailontwatering kan men in vierkantsverband boren; op een perceel gedraineerd op 8 m legge men de boorpunten in één rij op 4 m afstand van de drains.

TABEL 15. Ontwateringsproefveld OS 2, Schouwen-Duiveland, 1946. Verband tussen C-cijfers en afstand tot de drainreeks.

Datum van bemonstering: 25-2-1946			
Laag in cm	Monster genomen boven de drain	Monster genomen op 3,5 m van de drain (= $\frac{1}{4}$ van de drainafstand)	Monster genomen op 7 m van de drain (= $\frac{1}{2}$ van de drainafstand)
0-10	0,6	0,6	1,3
10-20	0,7	1,7	3,1
20-40	3,9	6,3	11,0
40-60	6,1	11,0	10,7
Layer in cm	Sample taken above and under tile drain	Sample taken on 3,5 m from tile drain	Sample taken on 7 m from tile drain
Date of sampling: 25-2-1946			

TABLE 15. Observation field OS 2, Schouwen-Duiveland, 1946. Relation between C-figures and distance from tile drain.

Het hiervoor vermelde wordt gedemonstreerd in tabel 15. Met dit ene voorbeeld moge hier worden volstaan, voor andere voorbeelden zij verwezen naar hoofdstuk III. Tot nu toe kwamen alleen schommelingen in het C-cijfer ter sprake, die zich uitstrekten over afstanden van meters. Er werden echter in Zeeland ook verschillen aangetroffen tussen C-cijfers van zeer dicht bijeengelegene boorpunten. Deze verschillen op korte afstand werden veroorzaakt door variaties in de „micro“-waterbeweging. Zo waren bijvoorbeeld de kleine oneffenheden die ondiep geploegd land vertoont vold oende

FIG. 2. Sabina Henricapolder, Noord-Brabant, 2-4-1946. Verslempting van zware geploegde grond. Ophoping van slib in de laagten en van zand langs de hellingen.

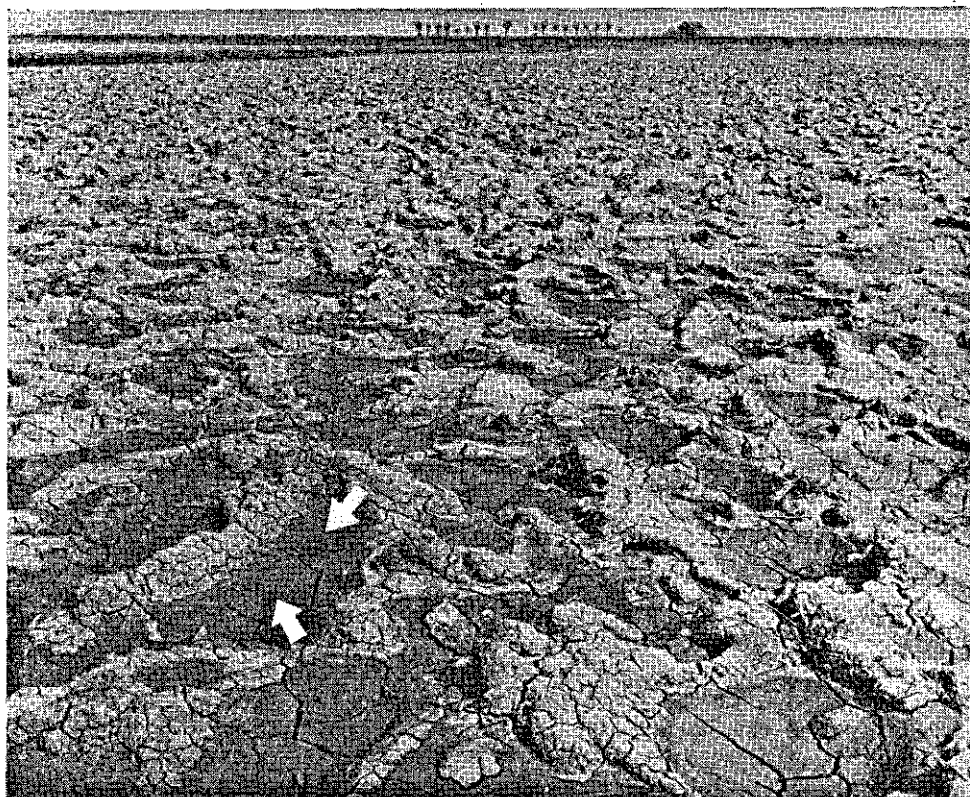


FIG. 2. Sabina Henricapolder, Noord-Brabant, 2-4-1946. Collapse of structure on a heavy clay soil. Accumulation of clay-particles in small depressions and of sand along the slopes.

om belangrijke verschillen in ontziltling teweeg te brengen. Doordat het oppervlak van een met zout water geïnundeerde grond snel verslempt (fig. 2) vloeit veel regenwater bovengronds van de „kopjes” naar de „kuiltjes” (het ging vaak om hoogteverschillen van nog geen decimeter) en dringt daar in de grond. De hierdoor veroorzaakte verschillen in ontziltling tussen „kopjes” en „kuiltjes” werden het eerst aangetoond in Februari 1946 op een perceel aan de Coppoolse weg op Walcheren. Later volgden andere voorbeelden. Tabel 16 geeft het voornaamste cijfermateriaal met betrekking tot de ongelijke ontziltling onder kopjes en kuiltjes.

Voordat deze tabel wordt besproken, moet worden opgemerkt, dat de betrouwbaarheid van de eerste bemonstering aan de Coppoolse weg en vooral van de bemonstering in de reeds ver ontziltte polder Borrenbrood maar matig was. In deze gevallen werden steeds 10 boringen verricht, om en om onder een kopje en in een kuiltje en met een onderlinge afstand van 2 m. Bij de tweede bemonstering aan de Coppoolse weg was

TABEL 16. Variatie in C-cijfers ten gevolge van geringe hoogteverschillen

Plaats en datum van bemonstering.									
		Walcheren, Coppoolseweg				Schouwen-Duiveland, Polder Borrenbrood			Oost-Bevelandpolder
		18-2-'46		15-4-'46		28-3-'46			21-1-'47
Laag in cm		Monster genomen boven en onder de drain	Monster genomen op 6 m van de drain	Monster genomen op 12 m van de drain	Monster genomen op 12 m van de drain	Monster genomen boven en onder de drain	Monster genomen op 10 m van de drain	Monster genomen op 20 m van de drain	
0-10	V \bar{C} ¹	1,5	2,0	0,4	0,7	0,3	0,2	0	1,6
10-20	"	5,3	2,4	-1,2	1,5	0,8	0,2	-0,1	6,0
20-40	"	8,9	1,7	-0,8	2,2	2,0	0,7	0	4,3
40-60	"	8,9	1,2	-2,7	1,9	2,4	1,3	0,7	3,7
60-80	"	4,9	1,5	1,8	2,0	1,6	0,7	0,7	
Layer in cm		Sample taken above and under tile drain	Sample taken on 6 m from tile drain	Sample taken on 12 m from tile drain	Sample taken on 12 m from tile drain	Sample taken above and under tile drain	Sample taken on 10 m from tile drain	Sample taken on 20 m from tile drain	

Place and date of sampling

¹ Met V \bar{C} is aangeduid het gemiddeld algebraïsch verschil in C-cijfer tussen de kopjes en de kuiltjes. Het gemiddeld hoogteverschil tussen kopjes en kuiltjes bedroeg aan de Coppoolseweg 7 cm; in de Borrenbroodpolder en de Oost-Bevelandpolder 6 cm.

V \bar{C} denotes the mean difference in C-figures between high and low spots. The mean difference in level between high and low spots was 6-7 cm.

TABEL 16. Variations in C-figures caused by slight undulation of the soil surface

deze afstand teruggebracht tot 1 m. De cijfers uit de Oost-Bevelandpolder zijn veel betrouwbaarder, omdat het gemiddelden zijn van 19 kuiltjes en 18 kopjes, terwijl de boorkernen overlans werden gesplitst, zodat de helften apart konden worden geanalyseerd. Bovendien werd gewerkt met naast elkaar liggende kopjes en kuiltjes. Zodoende bedroeg de afstand tussen twee boringen slechts ongeveer 20 cm en was de hele monsterplek maar ongeveer 1,20 m in het vierkant.

Tabel 16 toont in de eerste plaats dat bij de Februaribemonstering van het perceel aan de Coppoolse weg in de drainsleuf onder kopjes en kuiltjes zeer merkbare verschillen in C-cijfers werden gevonden. Deze verschillen waren tot 60 cm diepte vaststaand, nl. voor de lagen 0-10, 10-20, 20-40 en 40-60 cm respectievelijk $1,5 \pm 0,27$; $5,3 \pm 0,25$; $8,9 \pm 1,20$; $8,9 \pm 1,54$. Vlak boven de drain daalde de betrouwbaarheid van het verschil (in de laag 60-80 cm $4,9 \pm 2,27$) sterk. Op 6 m afstand van de drain (= $\frac{1}{4}$ van de drainafstand) waren nog slechts de verschillen in de lagen 0-10 en 10-20 cm betrouwbaar, nl. $2,0 \pm 0,46$ en $2,4 \pm 0,88$, terwijl op 12 m afstand van de drain (midden op de akkers) de verschillen volledig onbetrouwbaar waren, uitgezonderd mogelijk de laag van 40-60 cm, die onder de kopjes zelfs beter ontzilt leek dan onder de kuiltjes ($-2,7 \pm 1,25$).

De verklaring voor de waargenomen verschillen zou de volgende kunnen zijn: Wil de grotere waterpassage onder de kuiltjes invloed uitoefenen op de ontziltiging ter plaatse, dan moet het water ook snel en rechtstandig weg kunnen zakken. Bij minder goed doorlatende ondergronden kan aan deze laatste voorwaarde slechts worden voldaan, indien de grondwaterstanden laag zijn. In de meeste percelen is de handhaving van een

lage grondwaterstand in elk geval gewaarborgd, voorzover het de drainsleuven betreft. Daar handhaven zich de verschillen dan ook over de volle 80 cm. Op 6 m afstand van de drain heeft het water blijkbaar – gezien de zekerheid van de gevonden verschillen – nog over 20 cm diepte verticaal weg kunnen zakken. Het ontbreken van verschillen midden op de akker is behalve aan hoge grondwaterstanden wellicht nog aan iets anders te wijten. Het bovengronds afvloeien van regenwater gaat op deze gepeptiseerde gronden gepaard met een duidelijk slibtransport. Dit slib vormt in natte toestand in de laagten een ondoorlatend laagje en geeft aanleiding tot plasvorming. Nu waren juist aan de Coppoolse weg midden op de akkers dikke en zeer natte (men zie de A-cijfers van de series I en V in tabel 10) sliblaagjes in de kuultjes aanwezig. Dit slib kan het binnendringen van water in de kuultjes ernstig hebben belemmerd, waardoor de plasjes zo groot werden dat het water toch weer via de kopjes in de grond drong.

In de Borrenbroodpolder was de ontziltling reeds ver voortgeschreden. Doordat in het algemeen de ontziltling een enigszins asymptotisch eindverloop heeft, plegen eventuele verschillen tegen het einde van de ontziltlingsperiode kleiner te worden. Dit had tengevolge dat in de drainsleuf verschillen onder kopjes en kuultjes van enig belang nog slechts in de lagen 20–40 en 40–60 cm konden worden aangetoond (respectievelijk $2,0 \pm 0,61$ en $2,4 \pm 0,88$). Buiten de drainsleuf was de ontziltling weliswaar wat minder ver gevorderd, maar daar werden de verschillen vermoedelijk verzwakt door af en toe hoog oplopende grondwaterstanden. De ontwatering van het perceel in kwestie was namelijk maar matig, waardoor zijwaartse waterbeweging binnen profieldiepte mogelijk was.

De betrouwbaarste cijfers leverde het onderzoek in de Oost-Bevelandpolder. De verschillen waren groot, omdat de ontwatering van de onderzochte plek prima en de verslemping van de kopjes zeer sterk was. Bovendien konden door de betere opzet van de bemonstering ook waardevoller cijfers worden verwacht. Van deze plek zijn de verschillen tussen de B-cijfers onder kopjes en kuultjes reeds eerder gepubliceerd (VERHOEVEN, 1950).

Tenslotte moet ten aanzien van deze bemonsteringen nog wel worden vermeld dat de lagen werden gemeten vanaf het werkelijke oppervlak. De laag 0–10 cm lag onder een kuultje dus lager dan onder een kopje. Zou men naast elkaar gelegen lagen vergelijken, dan worden de behandelde verschillen nog groter doordat het zoutgehalte met de diepte toeneemt en bij de kopjesmonsters een diepere en dus zoutere laag zou zijn beschouwd. Het zal duidelijk zijn dat men bij een bemonstering in het voorjaar, nadat de grond is geëgd, met deze grotere verschillen te maken heeft.

Overigens verschaften deze bemonsteringen niet alleen gegevens over het gestelde probleem, maar zij gaven, gelijk meestal het geval was, aanleiding tot allerlei waarnemingen over nevenquaesties en zelfs tot nieuwe onderzoeken.

Enkele van deze beschouwingen mogen hier niet onvermeld blijven.

In de eerste plaats trokken de A-cijfers de aandacht. Over de ongelijkheid der A-cijfers in de toplaag werd reeds in het begin van deze paragraaf geschreven. Maar nog een ander verschijnsel viel op, namelijk het relatief lage A-cijfer van de laag 20–40 cm. Klaarblijkelijk kan deze laag minder water vasthouden dan de erboven en eronder gelegen laag. Aangezien deze waarneming in hoofdstuk II nog met andere voorbeelden wordt gestaafd, kan hier met enkele cijfers worden volstaan. Tabel 17 demonstreert het relatief lage vochtgehalte van de laag 20–40 cm op het perceel aan de Coppoolse weg.

Opmerkelijk is dat ook in de drainsleuf het lage vochtgehalte van de betreffende laag kon worden aangetoond. Dit wees er op dat het geringe waterhoudend vermogen van deze laag zich moet hebben ontwikkeld na de aanleg van de drainage. De mogelijke verklaringen voor het bijzondere gedrag van de laag 20–40 cm komen in hoofdstuk II ter sprake.

TABEL 17. Perceel aan de Coppoolseweg, Walcheren, 1946. Relatief lage vochtgehalte van de laag 20-40 cm.

Datum van bemonstering: 18-2-1946			
Plaats van bemonstering	A-cijfer 10-20 cm <i>A-figure 10-20 cm</i>	A-cijfer 40-60 cm <i>A-figure 40-60 cm</i>	Place of sampling
Op 12 m van de drain . .	5,1 \pm 1,00	1,7 \pm 0,41	On 12 m from tile drain
Op 6 m van de drain . .	4,0 \pm 0,58	1,7 \pm 0,41	On 6 m from tile drain
In de drainsleuf	2,3 \pm 0,30	3,2 \pm 0,40	Above and under tile drain
	A-cijfer 20-40 cm <i>A-figure 20-40 cm</i>	A-cijfer 20-40 cm <i>A-figure 20-40 cm</i>	
Date of sampling: 18-2-1946			

TABLE 17. Plot Coppoolseweg, Walcheren, 1946. Relatively low moisture content of the layer 20-40 cm.

Van de gegevens uit de Oost-Bevelandpolder was het verloop van de C-cijfers met de diepte een nadere beschouwing waard, speciaal onder de kopjes. Voor de lagen 0-10, 10-20, 20-40 en 40-60 cm bedroegen de C-cijfers onder de kuiltes respectievelijk 2,4, 9,3, 11,5 en 10,7. Onder de kopjes waren deze cijfers 4,0, 15,3, 15,8 en 14,4. Beneden 10 cm is dus onder de kopjes het C-cijfer vrijwel constant, terwijl het normaliter van boven naar beneden toeneemt. Aan de hand van waarnemingen op andere plekken kon voor deze merkwaardigheid de volgende verklaring worden opgesteld: De Oost-Bevelandpolder viel droog begin Juni 1946, met in de bemonsterde lagen een C-cijfer van ruim 20. Aan het eind van de zomer 1946 was in de ondergrond (20-60 cm) het C-cijfer gedaald tot ± 14 . In de laag van 0-10 cm was dit cijfer tengevolge van capillaire opstijging zeer belangrijk gestegen. Deze combinatie van daling der C-cijfers onderin en stijging der C-cijfer bovenin het profiel kwam, zoals later zal blijken, in de zomermaanden op onbegroeide grond vaak voor. Toen de winterontziltting inzette - blijkens het lage C-cijfer in de toplaag heeft er ook onder de kopjes nog een duidelijke waterpassage plaats gevonden, vóór de verslumping de ontziltting ernstig ging belemmeren - werd eerst water verplaatst met een hoog C-cijfer. Dit had tengevolge dat een situatie ontstond dat de C-cijfers van boven naar beneden eerst toenamen, daarna daalden om dan op nog grotere diepte (beneden 80 cm) weer toe te nemen. Dergelijke verlopen zijn ook inderdaad meermalen gevonden. Voordat nu het normale ontzilttingsbeeld van met de diepte toenemende C-cijfers kon optreden, deed zich een tussenstadium voor waarin, afgezien van de toplaag, vrijwel geen verband tussen de C-cijfers en de diepte was te vinden. Dit stadium is blijkbaar net getroffen onder de kopjes, terwijl de kuiltes al in een volgend stadium waren.

Men zou ook kunnen veronderstellen dat het water onder de kuiltes niet volledig rechtstandig wegzakt. De transportbaan zou dan niet de vorm van een cylinder maar van een afgeknotte kegel hebben, zij het dan dat de hoek tussen de kegelmantel en het bovenvlak waarschijnlijk slechts weinig van 90° zou verschillen. Als gevolg daarvan zouden ook de C-cijfers onder de kopjes enigszins worden beïnvloed door de sterke ontziltting onder de kuiltes en zo zou de overgang van 15,8 in de laag 20-40 cm naar 14,4 in de laag 40-60 cm kunnen verklaard worden. Hoewel de cijfers uit de polder Borrenbrood een waarschuwing vormden om deze zijwaartse invloed niet te overschatten, wekten sommige andere bemonsteringen juist weer de indruk, dat de boven-

genoemde veronderstelling van de geleidelijke verbreding van de transportbaan wel juist kon zijn.

Over het perceel in de polder Borrenbrood vallen geen verdere bijzonderheden te vermelden. Zoals gebruikelijk was de drainsleuf beter ontzilt ($Z_{0-80} = 0,070$) dan het midden van de akker ($Z_{0-80} = 0,131$).

Op het perceel aan de Coppoolseweg evenwel waren de Z_{0-80} -cijfers, althans op het bemonsterde gedeelte, overal vrijwel gelijk (tabel 18).

TABEL 18. Perceel aan de Coppoolseweg, Walcheren, 1946. Z_{0-80} op verschillende afstanden van de drainreeks.

Datum van bemonstering: 18-2-1946				
Plaats van bemonstering	Z_{0-80} gemiddeld	Z_{0-80} onder de kopjes	Z_{0-80} onder de kuiltjes	Place of sampling
Op 12 m van de drain . .	0,212	0,198	0,226	On 12 m from tile drain
Op 6 m van de drain . .	0,263	0,277	0,247	On 6 m from tile drain
In de drainsleuf	0,243	0,333	0,152	Above and under tile drain
	Z_{0-80} average	Z_{0-80} high spots	Z_{0-80} low spots	
Date of sampling: 18-2-1946				

TABEL 18. Plot Coppoolseweg, Walcheren, 1946. Relation between Z_{0-80} and distance from tile drain.

Uit de tabel blijkt in de eerste plaats dat de ontzilteling nauwelijks afhankelijk was van de afstand tot de drainsleuf. Doordat boven de drain de kuiltjes zo extra goed ontziltten, moesten dus de kopjes ver in ontzilteling achterblijven. De tabel toont dan ook dat boven de drain zowel de best ontzilde als de slechtst ontzilde plekken voorkwamen!

Dat overigens het gemiddelde Z_{0-80} cijfer in de drainsleuf niet lager was, is misschien verklaarbaar uit het feit dat de drainreeks op het hoogste punt van het bemonsterde terrein lag. Een dergelijke ligging komt in Zeeland wel meer voor en wordt veroorzaakt doordat men, toen de oppervlakteontwatering vervangen werd door een drainagesysteem, behalve in de laagten soms ook een drainreeks legde midden daartussen, dus op het hoogste punt van de vaak nogal bol liggende akkers. De slechtere ontzilteling, die midden tussen twee drainreeksen kan optreden, zou hier dan gecompenseerd kunnen zijn door enige bovengrondse toevoer van water vanaf het hoogste punt van het terrein, dus vanaf de bemonsterde drainsleuf.

Een nadere bestudering van de verkregen gegevens van dit perceel deed het vermoeden ontstaan, dat de slechts matige betrouwbaarheid van het cijfermateriaal, althans ten dele, werd veroorzaakt door de grote afstand tussen de boorpunten, waardoor de verschillen tussen kopjes en kuiltjes werden gestoord door variaties die over grotere afstand liepen.

Uitgaande van dit vermoeden werd getracht op dit terrein (en op enige andere) met behulp van zeer veel boringen omvang en oorzaken van deze „lange-afstand- fluctuaties” vast te stellen. Oorzaken konden eigenlijk slechts zelden met zekerheid worden vastgesteld, terwijl de omvang van plekken met een afwijkende ontzilteling bleek te kunnen variëren van één m^2 tot tientallen m^2 . Resultaten van een dergelijk onderzoek op het ontwateringsproefveld OW 7 zijn reeds eerder vermeld (tabel 14). Een zeer omvangrijke bemonstering naast het verdampingsproefveld VW 10 bracht eigenlijk niet anders aan het licht dan dat de schommelingen in C-cijfers zich daar uitstrekten over

afstanden van enkele meters, met als vermoedelijke oorzaak een fluctuatie in het kleigehalte van de ondergrond. De invloed van deze fluctuaties over grotere afstanden kon worden gereduceerd door de boorpunten dichter bij elkaar te leggen. Zo werden bij een herbemonstering van het terrein aan de Coppoolse weg in April de afstanden tussen de boorpunten teruggebracht van 2 m op 1 m. In tegenstelling met de bemonstering van Februari werden nu ook midden op de akker ontziltingsverschillen geconstateerd onder kopjes en kuiltjes (tabel 16). Dat deze verschillen in Februari niet en in April wel werden gevonden is waarschijnlijk ten dele veroorzaakt door het feit dat bij de April-bemonstering de fluctuaties op grotere afstand wat minder invloed hadden. Ook bestaat de mogelijkheid dat de voorjaarsregens tot afvoer kwamen bij lagere grondwaterstanden, waardoor de verschillen in waterpassage onder kopjes en kuiltjes zich beter konden manifesteren.

Het onderzoek naar de ongelijkmatigheid van de ontzilting op betrekkelijk kleine plekken werd ook nog op een andere wijze aangepakt en wel door de bemonstering van profielwanden. Ook ten aanzien van de resultaten van deze werkwijze moge met een enkel voorbeeld worden volstaan. Het betreft hier een bemonstering uitgevoerd in de Oost-Bevelandpolder op 1 Mei 1947. In een wand van een profielkuil werden 114 monsters gestoken en wel zodanig dat 12 verticale en 10 horizontale reeksen werden afgewerkt. Zowel in verticale als in horizontale zin bedroeg de afstand tussen de boringen 10 cm. Vervolgens werd 10 cm grond van de wand afgestoken en werd de gehele bemonstering herhaald. Daarna vond deze verplaatsing van de wand over een afstand van 10 cm nogmaals plaats. Het resultaat van deze bemonstering is weergegeven in figuur 3. De figuur demonstreert de sterkere ontzilting onder de depressies in het terrein en toont hoe op zichzelf onverklaarbare gegevens (de sterkere ontzilting ongeveer onder het midden van het achterste profiel) begrijpelijker worden door de drie-dimensionale bemonstering. Overigens doet ook deze grafiek enige twijfel rijzen met betrekking tot de strikte rechtstandigheid van de ontzilting.

De tot nu toe beschreven onderzoekingen werden alle uitgevoerd op onbegroeid terrein. Het opsporen van verschillen in ontzilting werd echter gemakkelijker indien het begroeide terreinen betrof, omdat vrijwel elk gewas, binnen bepaalde – voor ieder gewas andere – zoutgrenzen, sterk op verschillen in C-cijfers reageerde. Met dit feit werd bij bemonsteringen rekening gehouden, vooral nadat het verband tussen het C-cijfer en de stand van het gewas nog eens op een zeventigtal plekken was getoetst.

Vanzelfsprekend was de methode om verschillen in zoutgehalte van de grond op te sporen aan de hand van de stand van het gewas niet onfeilbaar. Verschillen in de ontwikkeling van een gewas konden ook andere oorzaken hebben. Zo bleken in een aantal gevallen weinig zoutgevoelige granen ook bij lage C-cijfers een slechte stand te vertonen. Dank zij de nauwkeurige beschrijving van profiel en gewas en dank zij de medewerking van Ir C. VAN DEN BERG konden deze gevallen worden herkend als voorbeelden van groeidepressies veroorzaakt door slechte structuur van de grond. Ook werden enkele gevallen gevonden – het ging ditmaal om vergelijking tussen percelen – dat een lage pH de vermoedelijke oorzaak was van een onverwacht slechte stand van het gewas.

Een voorbeeld van het samengaan van een plaatselijk betere ontzilting met een betere stand van het gewas – een ander, verder uitgewerkt, voorbeeld is te vinden in het *Landbouwkundig Tijdschrift* (VERHOEVEN, 1950) – moge deze beschouwingen besluiten. In het voorjaar van 1946 werd aan de zuidzijde van de Ritthemse weg door de Wetenschappelijke afdeling van de Rijksdienst voor Landbouwherstel een gewassenproefveld aangelegd op ogenschijnlijk zeer gelijkmatige grond. In de uitgezaaide gewassen ontstonden echter smalle strepen, waarin het gewas zeer veel beter groeide. Door de

FIG. 3. Oost-Bevelandpolder, 1-5-1947. Verschillen in C-cijfer op zeer korte afstand.

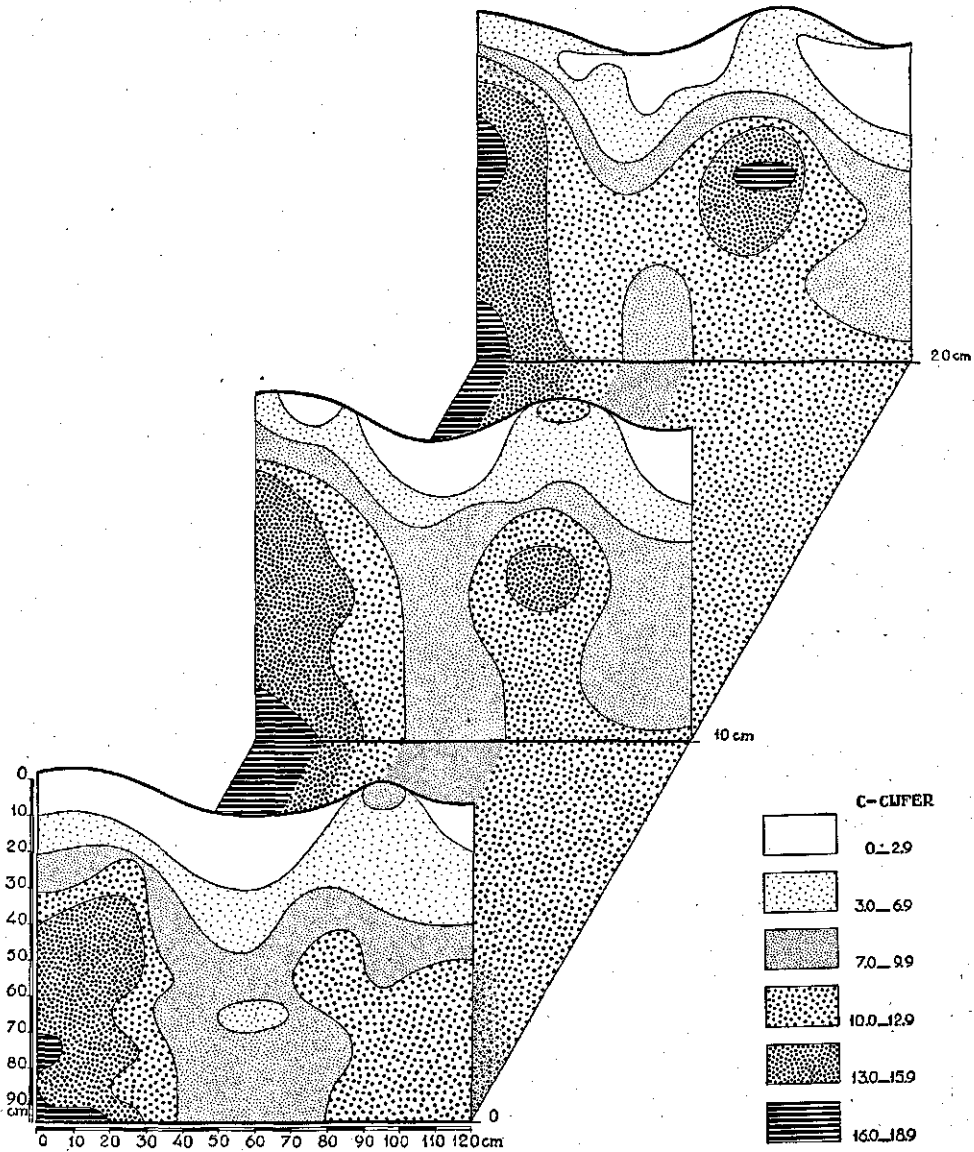


FIG. 3. Oost-Bevelandpolder, 1-5-1947. Differences between C-figures on short distances.

vorm en de ligging van de strepen werden deze later herkend als dichtgespoelde ondiepe greppels. Vaak vielen dergelijke dichtgespoelde greppels na het droogvallen op door een flauwe inklinking of door een van de rest van de grond afwijkend scheurenpatroon. Noch het één, noch het ander was hier het geval. Ook verschilde het inge-

spoelde materiaal niet merkbaar van de bouwvoor ter weerszijden van de greppel. De C-cijfers naast en in de voormalige greppels verschilden evenwel sterk (tabel 19). In deze tabel is gesproken van relatief goede gewassen, omdat zelfs in de greppels de gewassen in absolute zin niet goed konden worden genoemd.

TABEL 19. Gewassenproefveld Gw 43, Ritthem, Walcheren, 1946. Stand van het gewas als indicator voor de onregelmatigheid van de C-cijfers in de bovenste 20 cm.

Datum van bemonstering: 15-7-1946						
Laag in cm	Relatief goede bieten boven voormalige greppel	Slechte bieten naast voormalige greppel	Relatief goede paardebonen boven voormalige greppel	Slechte paardebonen naast voormalige greppel	Relatief goede tarwe boven voormalige greppel	Slechte tarwe naast voormalige greppel
0-5	12,1	35,1	5,5	19,0	9,9	27,0
5-20	11,1	19,6	6,1	15,6	17,6	18,6
Layer in cm	Rather good sugarbeets above former trench	Bad sugarbeets near former trench	Rather good horsebeans above former trench	Bad horsebeans near former trench	Rather good wheat above former trench	Bad wheat near former trench
Date of sampling: 15-7-1946						

TABLE 19. Experimental field Gw 43, Ritthem, Walcheren, 1946. The crops indicate the irregularity of C-figures in the upper 20 cm.

FIG. 4. Bij Ritthem, Walcheren, 9-5-1946. Scheuren in opgeslibd materiaal.

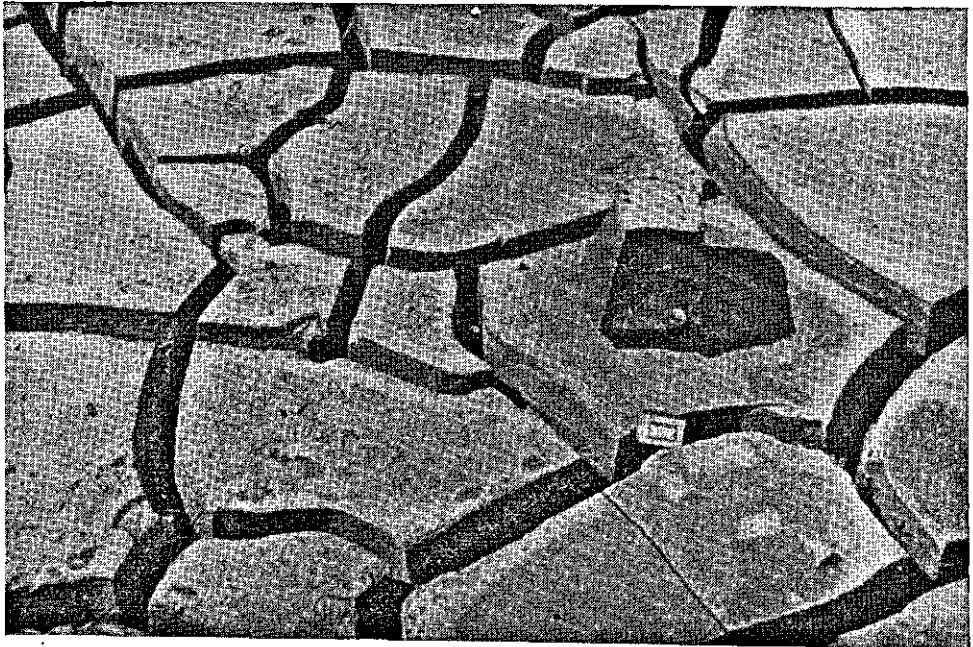


FIG. 4. Near Ritthem, Walcheren, 9-5-1946. Cracks in freshly deposited sea-mud.

Een andere factor, die in sommige gebieden invloed had op de gelijkmatigheid van de ontzilting was de scheurvorming. Deze was dan speciaal van belang in tijdens de inundatie afgezet slik. Hierin ontstonden bij indrogen grote (soms 5 tot 8 cm brede) scheuren (fig. 4), die de vocht- en zouthuishouding van de grond sterk beïnvloedden. Vanuit deze scheuren begon de indroging (tabel 11) en ook de ontzilting van de grond. In de zomer echter vond capillair transport plaats naar de scheuren toe, zodat dan de wanden van de scheuren zouter werden dan de kern van de schollen (tabel 20). In de zomer werden niet alle schollen op dezelfde wijze en op dezelfde datum bemonsterd zodat van de 26 bemonsterde schollen er in tabel 20 één als voorbeeld is gekozen. De opgegeven wintercijfers zijn gemiddelden van respectievelijk 5,5 en 4 bemonsteringen.

TABEL 20. Zuidwatering, Walcheren, 1946. Invloed van brede scheuren op verzilting in de zomer en ontzilting in de winter.

Datum van bemonstering	Afstand in cm van de bemonsterde laag tot een brede verticale scheur	Plaats van bemonstering			
		Bij Ritthem			
		B-cijfer	C-cijfer		
30-7-1946	0-2	4,54	120,5		
	2-7	2,94	69,4		
	7-12	2,06	47,9		
			Segeersweg	Bij Souburg	Bij Ritthem
10-12-1946	0-5		6,9	17,0	13,9
	5-10		16,0	23,6	21,4
	10-15		16,1	24,8	20,8
Date of sampling	Distance in cm between sampled layer and a wide vertical crack	B-figure	C-figure		
			Place of sampling		

TABLE 20. Zuidwatering, Walcheren, 1946. Influence of wide cracks on salinization in summer and desalinization in winter.

Niettegenstaande uit de tot nu toe vermelde cijfers wel is gebleken, dat de C-cijfers op korte afstand sterk konden variëren, werd soms van deze variatie toch teveel verwacht. Dit bleek bij een bemonstering op 30 April 1946 van een nauwelijks opgeslibd gebied in de Zuid-Watering op Walcheren. Hier werden boringen verricht vlak langs scheuren, onder schelpen en midden in niet gescheurde plekken. De scheuren in een dergelijk terrein waren van een geheel ander type dan de scheuren in de dikke jonge sliklagen. Deze laatste scheuren waren scherp, recht en breed, de eerste daarentegen bochtig en smal (hoogstens 1 cm breed), zodat het scheurenpatroon het uiterlijk vertoonde van de craquelure van geglaazuurd aardewerk (fig. 5). De schelpen waren ongeveer 4 cm grote exemplaren van *Mya arenaria*. Dit weekdier had tijdens de inundatie op Walcheren geleefd (BAKKER, 1950). Op een veldje van ruim 28 dm² werden 50 boringen verricht en wel steeds van de lagen 0-5 en 5-15 cm. De laag 0-5 cm was ten gevolge van capillaire opstijging bijna tweemaal zo zout als de laag 5-15 cm. De laag van 5-15 cm vertoonde, hoewel de scheuren daar nog wel in doorliepen, geen verschillen in C-cijfer. In de laag 0-5 cm waren de gemiddelde C-cijfers onder een schelp, langs een kleine scheur en midden in een schol respectievelijk 26,2, 27,7 en 27,1. Deze verschillen waren veel te klein om betrouwbaar te zijn. Slechts het effect van de bredere scheuren

FIG. 5. Bij Grote Abeele, Walcheren, 9-5-1946. Scheuren in drooggevalle niet opgeslibde grond.

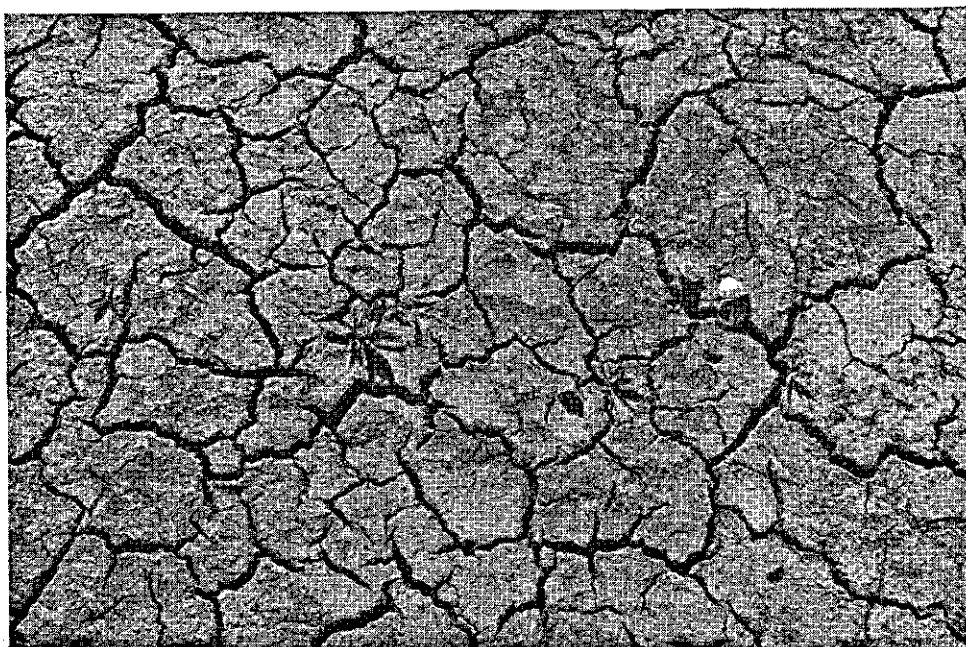


FIG. 5. Near Grote Abeele, Walcheren, 9-5-1946. Formation of cracks in an old soil after the inundation.

was onmiskenbaar, want het gemiddelde C-cijfer in de laag 0-5 cm bedroeg langs deze scheuren 35,9.

Ongelijkmatige A-cijfers, ten gevolge van verschillen in afdroging of van verschillen in wateronttrekking door de plantenwortels, kwamen ook in de C-cijfers tot uiting. Zo toont tabel 20 dat in dergelijk gescheurd slib de C-cijfers naar de scheur toe nog sterker stegen dan de B-cijfers; dit tengevolge van het feit dat ook de indroging in de richting van de scheur toenam.

Met dit voorbeeld moge de bespreking van de variabiliteit der A-, B- en C-cijfers te velde worden besloten.

5. OVERZICHT VAN DE VERKREGEN RESULTATEN

AANWIJZINGEN VOOR DE UITVOERING VAN TOEKOMSTIG ONDERZOEK

Ten aanzien van de technische uitvoering van de bemonstering, welke in de eerste paragraaf van dit hoofdstuk aan de orde kwam, valt niets bijzonders te vermelden, omdat in geen enkel opzicht van de geijkte werkwijzen werd afgeweken.

In de tweede paragraaf, waarin de analysetechniek werd behandeld, kwam een nieuwe werkwijze ter sprake en wel de potentiometrische bepaling van het C-cijfer. Deze nieuwe methode heeft ongetwijfeld bezwaren – men verkrijgt alleen maar C-cijfers en de gevonden waarden liggen, althans voor C-cijfers boven 4, wat hoger dan de langs titrimetrische weg bepaalde – maar ze is ruim twee maal zo snel als de tot nu toe

toegepaste methode en ze lijkt daardoor voor massaal onderzoek ten behoeve van inzaaiadviezen de bepalingwijze voor de toekomst.

Naar aanleiding van de bespreking van de aan het onderzoek klevende fouten -- in paragraaf 3 -- valt wel een en ander te releveren. In de eerste plaats blijken de totale analysefouten van een A-cijfer en een B-cijfer enige malen groter te zijn dan men zou veronderstellen, indien men, op grond van de theoretische onnauwkeurigheid van de analyses, de te verwachten fouten schattenderwijs bepaalt. Daarentegen is de totale analysefout van het C-cijfer slechts weinig hoger dan de uit de -- op theoretische gronden geschatte (geringe) -- fouten van het A-cijfer en het B-cijfer berekende. De onverwacht hoge fout van het A-cijfer en het B-cijfer wordt veroorzaakt door onvoldoende homogenisatie van het monster vóór het onderzoek. De lage fout van het C-cijfer is te danken aan het feit dat eventuele verschillen in C-cijfer binnen het monster tamelijk snel worden genivelleerd tengevolge van diffusie. Het is dus nuttig indien tussen het nemen en het analyseren van een monster één of enkele maanden verlopen. Een daling van het A-cijfer gedurende deze bewaring behoeft niet te worden gevreesd, indien de monsterpotten goed gesloten zijn.

Bij de berekening van het C-cijfer uit de formule $C = \frac{1000 B}{A}$ verkrijgt men het gemiddelde C-cijfer van de totale hoeveelheid bodemvocht. Het C-cijfer van het intermicellaire bodemvocht is hoger. In droge zomers kan de door deze rekenwijze gemaakte fout voor zware gronden wel 15 à 20 % bedragen. Voor de berekening van capillaire opstijging vanuit de diepere ondergrond is de fout veel kleiner, omdat beneden 80 cm de grond slechts zelden sterk indroogt, terwijl bovendien het slibgehalte -- en dus de hoeveelheid micellair water -- op die diepte in Zeeland veelal niet hoog is.

Bij het monsternemen vormt, althans op dagen met sterk drogend weer, de indroging van de boorkernen tijdens de bemonstering een reëel gevaar voor het ontstaan van systematische fouten.

Ook in de omrekeningen op W- en Z-cijfers schuilt een risico omdat men daarbij, noodgedwongen, in de meeste gevallen voor het volumegewicht van de grond een bepaalde waarde moet aannemen, aangezien de bepaling van het volumegewicht zeer tijdrovend is.

Voorts verdient het, indien men uit de verschillen in zoutgehalte tot een bepaalde waterbeweging wil concluderen, aanbeveling om plekken met een sterke neerwaartse waterbeweging of een sterke capillaire opstijging vaak te bemonsteren. Op deze wijze voorkomt men dat de C-cijfers van het afgevoerde respectievelijk aangevoerde water aan het begin en aan het einde van de waarnemingsperiode zover uiteenlopen, dat middelen, wat nodig is voor de berekening van de waterbeweging, niet meer toelaatbaar zou zijn. Bovendien is het wenselijk om op belangrijke monsterplekken gedurende de observatieperiode de grondwaterstanden te registreren, teneinde de mogelijkheid van het optreden van watertransport in zijwaartse richting te kunnen beoordelen. Tenslotte is het gebruik van de termen capillaire opstijging en neerwaartse waterbeweging slechts geoorloofd, indien wordt vermeld, hoe dik de grondlaag is, waarop de cijfers betrekking hebben. Deze grootheden kunnen namelijk voor eenzelfde monsterplek variëren als men de dikte verandert van de laag waarop de beschouwingen betrekking hebben.

Indien b.v. vanuit de laag van 20-40 cm water capillair opstijgt naar de laag van 0-20 cm, welk water in de laag van 20-40 cm niet wordt aangevuld door capillaire opstijging van onderen, dan heeft in de laag van 0-20 cm capillaire opstijging plaats gevonden, doch niet in die van 0-40 cm.

In de vierde paragraaf worden besproken de variaties van de A-, B- en C-cijfers te velde. Oorspronkelijk opgezet om de omvang van deze variaties na te gaan – dit in verband met het aantal boringen dat voor elk monster moest worden verricht – groeide het onderzoek weldra uit tot een intensieve studie over de oorzaken van de gevonden variaties.

Ten behoeve van inzaaiadviezen kan worden volstaan met monsters in enkelvoud en met zestien boringen per monster, mits getracht wordt het te bemonsteren gebied in – althans voor het oog – homogene eenheden te verdelen. Monsters voor wetenschappelijk onderzoek dienen altijd minstens in tweevoud te worden genomen. In sommige gevallen zal ook dit niet voldoende zijn. Er moet zelfs rekening worden gehouden met het feit dat van sommige lagen vrijwel geen representatieve monsters te verkrijgen zijn. De beste maar tijdrovendste methode is om alle boorkernen apart en dan nog liefst in tweevoud te onderzoeken.

De fout veroorzaakt door de menging te velde is veel kleiner dan de mengfout in het laboratorium omdat in het eerste geval het uiteindelijk verkregen monster meestal een belangrijk deel van de bijeengebrachte grond bevat.

Vergeleken met het B- en C-cijfer was de variabiliteit te velde van het A-cijfer klein. In de bovengrond kan het verschillend snel afdrogen ten gevolge van oneffenheid van het oppervlak, alsmede de sterkere indroging langs scheuren de variatie in het A-cijfer enigszins verhogen. In de ondergrond kan een zekere ongelijkmatigheid in het A-cijfer ontstaan door de sterkere wateronttrekking rond de wortels. In bonte gronden kan ook de variërende granulometrische samenstelling van de grond de gelijkmatigheid van het A-cijfer verlagen. In het algemeen zijn de schommelingen van het A-cijfer op korte afstand, 's winters kleiner dan 's zomers.

De ongelijkmatigheid van de B- en de C-cijfers wordt voornamelijk veroorzaakt door verschillen in waterbeweging. Zolang de grond nog niet is ontzilt, is het C-cijfer in de grond zeer egaal, althans in die lagen die volledig met zeewater werden gepercoleerd. Met het inzetten van de ontzilting begint tevens de variabiliteit van het C-cijfer te stijgen. Tenslotte worden de absolute verschillen tussen de C-cijfers in één laag weer kleiner, omdat bij lage C-cijfers nu eenmaal geen brede spreiding van de cijfers meer mogelijk is. Alle factoren die de gelijkmatigheid van de waterhuishouding van de grond beïnvloeden hebben daardoor tevens effect op de variaties van het C-cijfer. Zo is de waterpassage en dus ook de ontzilting onder kleine laagten groter dan onder kleine verheffingen in het terrein. Als gevolg van het capillair transport hoopt het zout zich niet alleen op aan het oppervlak van de grond, maar ook langs de scheuren, althans als deze zo hoog in het profiel voorkomen, dat er verdamping langs optreedt. 's Winters is juist langs deze scheuren de ontzilting het sterkst. Van zeer veel belang is de ontwateringstoestand van de grond. Uit een drainsleuf verdwijnt het zout veelal sneller dan uit het midden van de naastliggende akker.

Met al deze waarnemingen kan men zijn voordeel doen, door het aantal boringen aan te passen aan de te verwachten variabiliteit in het A-cijfer maar vooral in het C-cijfer. Op begroeide grond kan men bovendien gebruik maken van de ervaring dat in vele gevallen de stand van het gewas goede aanwijzingen geeft over de regelmatigheid van het C-cijfer van de standplaats.

De slotconclusie uit dit hoofdstuk – die tevens min of meer als inleiding voor de volgende hoofdstukken zou kunnen worden opgevat – mag wel luiden, dat uit eenvoudig, van zoute gronden afkomstig, analysemateriaal aardige gevolgtrekkingen zijn te maken betreffende de waterbeweging in dergelijke gronden.

II. WAARNEMINGEN BETREFFENDE DE ZOUT- EN VOCHTHUISHOUDING VAN GEÏNUNDEERDE GRONDEN GEDURENDE DE ZOMERMAANDEN

1. DOEL EN OPZET VAN HET ONDERZOEK

In de inleiding is reeds uiteengezet dat na het droogvallen van de geïnundeerde gronden, althans in het eerste voorjaar, grote aantallen grondmonsters moesten worden geanalyseerd om adviezen ten behoeve van de inzaai te kunnen geven. Kennis omtrent het verloop van de zoutcijfers gedurende de zomermaanden¹ was echter eveneens van belang. In de eerste plaats om iets meer te weten van de milieufactor zout tijdens de groeiperiode der gewassen. In de tweede plaats om enig inzicht te krijgen in de hoeveelheid regen die gedurende de wintermaanden nodig zou zijn ter compensatie van de indroging van de grond in de voorafgaande zomer en van een eventuele verzilting, teweegebracht door capillaire opstijging van zout water uit de ondergrond. Bovendien konden deze zomerwaarnemingen aantonen of en zo ja waar, zoutkarteringen ten behoeve van de herfstinzaai wenselijk waren.

Het is evenwel nimmer de bedoeling geweest om alleen gegevens te verzamelen ten gerieve van de praktijk en van collegae onderzoekers. Van het begin af aan zijn de onderzoeken tevens gericht geweest op het verkrijgen van een zo goed mogelijk inzicht in enkele fundamentele problemen, de vochthuishouding van de grond betreffende. Tot de bestudeerde vraagstukken behoorden o.a.:

- a. Hoeveel water levert de grond door indroging aan een gewas?
- b. Welke gronden leveren water aan de bewortelde zone door capillair transport uit de ondergrond?
- c. Hoe groot is deze capillaire aanvoer?
- d. Wat is het totale vochtverbruik van een gewas, de rechtstreekse verdamping uit de grond en de verdamping van regenwater vanaf de bovengrondse plantendelen inbegrepen?
- e. Hoe groot is de verdamping uit een onbegroeide grond?

Om deze problemen in voldoende mate te kunnen bestuderen, is aan het onderzoek, zowel naar omvang als naar tijd gerekend, een grotere uitbreiding gegeven dan voor praktische doeleinden noodzakelijk was.

Een ruwe schets van de omvang van het onderzoek moge aan de bespreking van de proeven voorafgaan. In 1945, 1946, 1947 en 1948 werd telkenjare een aantal – variërend van 8 tot 16 – z.g. verdampingsproefvelden aangelegd. Dit waren kleine proefvelden met twee, in een enkel geval drie objecten. Voorzover het begroeide gronden betrof, was het proefgewas – waarvan het totale vochtverbruik werd bepaald – zomergerst, wintertarwe of gras. Op de onbezaaide proefvelden werd nagegaan in hoeverre een herhaalde oppervlakkige groundbewerking van invloed was op de verdamping uit de grond. Voorts werden in de jaren 1945 tot en met 1949 alle daarvoor in aanmerking komende standaardplekken (met deze term worden vaste monsterplekken aangeduid) – dat waren er 30 à 70 – gedurende het zomerhalfjaar meer of minder intensief bemonsterd. In 1947 en 1948 werd een z.g. slechte plekken-onderzoek ingesteld, om na te gaan in hoeverre op plekken, waar het gewas een slechte stand had, de vocht- en zouthuishouding van de grond anders was dan op de rest van het perceel. Speciale bemonsteringen werden uitgevoerd om veranderingen in vocht- en zoutgehalte van de grond binnen zeer korte tijdsbestekken (één dag) te meten. Teneinde voorts zo min mogelijk gegevens verloren te laten gaan, werden niet alleen de bovengenoemde waarnemingen verwerkt, maar werd tevens van alle bemonsteringen

¹ Gemakshalve wordt in dit hoofdstuk steeds gesproken van zomermaanden. Deze term is enigszins misleidend. De waarnemingen liepen soms van Maart tot October, maar omvatten in vele gevallen niet meer dan de groeiperiode der zomergranen.

uitgevoerd op andere proefvelden (ontwateringsproefvelden, gipsproefvelden) nagegaan, of de cijfers als zomerwaarnemingen dienst konden doen. Voorzover de bemonsteringsdata min of meer een zomerperiode omsloten, werd ook dit materiaal geheel verwerkt.

De stof is zo ingedeeld dat aan elke zomer waarin waarnemingen werden verricht (in totaal vijf) een aparte paragraaf is gewijd.

De samenvatting van de verkregen resultaten, alsmede een beschouwing over de betekenis van het onderzoek voor de kennis van de vochtthuishouding van de grond gedurende de zomermaanden, zijn verwerkt in hoofdstuk IV.

2. WAARNEMINGEN VERRICHT GEDURENDE DE ZOMER VAN 1945

In de zomermaanden van 1945 zijn bemonsteringen verricht op een twaalfstal verdampingsproefvelden en op een groot aantal standaardplekken. De proefvelden lagen op Tholen, terwijl de 41 standaardplekken over Schouwen-Duiveland, Tholen, Walcheren, Zuidbeveland en Noordbeveland verspreid waren.

a. Verdampingsproefvelden

Van deze proefvelden is een zestal aangelegd om het verschil in vochtverlies tussen begroeide en onbegroeide grond na te gaan en een zestal om de invloed van een herhaalde oppervlakkige bewerking van kaal land op de vochtthuishouding van zulk land te bestuderen.

Ieder proefveld – de proefvelden waren genummerd VT 1 tot en met VT 12 – bestond uit twee veldjes van een halve are elk. Het ene veldje was altijd kaal en onbewerkt, het andere was al naar gelang de aard van het proefveld of begroeid – het proefgewas was steeds zomergerst – of kaal en bewerkt. De objecten lagen dus in enkelvoud. De grondsoort waarop de proefvelden lagen varieerde – voorzover het de bouwvoor betrof – van zavel met een slibgehalte van 20 % tot klei met een slibgehalte van 45 %.

De proefvelden zijn aangelegd in een periode, waarin de, voor het onderzoek noodzakelijke, organisatie nog moest worden opgebouwd. Tengevolge hiervan konden de eerste bemonsteringen – bij gebrek aan materiaal – niet diep genoeg worden uitgevoerd en moest de zorg voor de grondbewerking aan derden worden toevertrouwd. Dit is neergekomen op een achterwege blijven van de grondbewerking op bijna alle proefvelden. De ondiepe bemonstering was oorzaak, dat noch de indroging, noch de door capillaire aanvoer van zout water uit de ondergrond optredende verzilting behoorlijk konden worden berekend. Wel was het mogelijk globaal de verschillen vast te stellen tussen het vochtverbruik van de begroeide en de onbegroeide veldjes. Het voornaamste nut van deze proefvelden is wel geweest, dat na de ervaringen van 1945 in de daaropvolgende zomers vele fouten konden worden vermeden.

De waarnemingsperiode liep van half Mei (de gerst stond toen al 10 à 15 cm hoog en werd op de veldjes, die onbegroeid moesten blijven, door uittrekken verwijderd) tot eind Juli, wat ongeveer de maaidatum van de gerst was. Eind Juni werd nog een tussenbemonstering uitgevoerd. De gegevens van de Juli-bemonstering zijn verwerkt in tabel 21.

In de eerste drie weken na de Mei-bemonstering viel veel regen, namelijk ongeveer 90 mm. Daarna was de regenval tot eind Juli beneden normaal en bedroeg ± 50 mm in zeven weken.

Op de zes proefvelden waar de vochtthuishouding van begroeide met die van onbegroeide grond werd vergeleken, bleek dat in vijf van de zes gevallen de begroeide

veldjes duidelijk meer waren ingedroogd. Het verschil bedroeg, berekend over een profieldiepte van 80 cm, gemiddeld 40 mm (zie tabel 21). Voor de lagen 0-20, 20-40, 40-60 en 60-80 cm waren de verschillen respectievelijk 12, 13, 9 en 7 mm. De cijfers van elk proefveld afzonderlijk mochten dan met een vrij grote onnauwkeurigheid belast zijn omdat de objecten in enkelvoud lagen, de orde van grootte moest juist zijn, want in het algemeen klopte de grootte van het verschil in indroging tussen het begroeide en onbegroeide veldje goed met de beschrijving van de omstandigheden waaronder de proef werd genomen (stand van het gewas, eventuele onkruidgroei op het „onbegroeide” veldje).

Behalve dit verschil in indroging moest ook een eventueel verschil in verzilting van het profiel ten gevolge van capillaire opstijging van zout water uit de ondergrond worden bekeken.

TABEL 21. Verdampingsproefvelden, Tholen, 1945. Gemiddelde vocht- en zoutgehalten van begroeide en onbegroeide veldjes.

Datum van bemonstering: \pm 25-7-1945				
Laag in cm	W		Z	
	Begroeid	Onbegroeid	Begroeid	Onbegroeid
0-10	1,1	1,7	0,005	0,005
10-20	1,8	2,4	0,009	0,007
20-40	4,1	5,4	0,038	0,029
40-60	5,1	6,0	0,069	0,052
60-80	5,7	6,4	0,070	0,059
0-80	17,8	21,9	0,191	0,152
Layer in cm	Cropped	Bare	Cropped	Bare
	W		Z	
Date of sampling: \pm 25-7-1945				

TABLE 21. *Observationfields, Tholen, 1945. Mean moisture- and salt content of cropped and bare plots.*

Op vier van de zes proefvelden had de begroeide helft een merkbaar hoger zoutgehalte dan de onbegroeide, op de overige was het verschil vrijwel nul. Tabel 21 toont, dat, afgezien van de toplaag tot 10 cm, bij het gemiddelde het verschil laag voor laag aanwijsbaar was. Omgerekend in mm bedroeg het verschil in capillaire opstijging gemiddeld 25 mm. Voor de berekening van dit bedrag is aangenomen, dat het uiteindelijke C-cijfer in de laag van 60-80 cm van de begroeide veldjes overeenkwam met de gemiddelde zoutconcentratie van het opgestegen water. Indien men aanneemt, dat de Z-cijfers van de onbegroeide veldjes in de laatste week van Juli nog ongeveer de uitgangstoestand weergaven, zou de capillaire opstijging op de begroeide veldjes 25 mm hebben bedragen. Deze veronderstelling, dat de Z-cijfers van de onbegroeide veldjes in de laatste week van Juli nog ongeveer de uitgangstoestand weergaven, was niet zo onredelijk. Er zal wel een geringe capillaire opstijging zijn geweest, maar op deze onbegroeide grond zullen de zware regens van eind Mei – die op vele plaatsen op Tholen zelfs tot drainafvoeren aanleiding gaven – ook wel enige ontzilting hebben teweeg gebracht.

De tussenbemonstering (tot 40 cm) in de laatste week van Juni bracht nog drie feiten aan het licht.

In de eerste plaats, dat het proefveld VT 2 – het enige, dat eind Juli geen verschil in indroging toonde tussen het begroeide en het onbegroeide veldje – op 26 Juni wel een duidelijk verschil in indroging te zien gaf (ruim 25 mm in de laag 0–40 cm). Kennelijk heeft het, in de maand Juli op het onbegroeide veldje snel opschietende, onkruid dit verschil later genivelleerd.

In de tweede plaats, dat na eind Juni het vochtverlies in de bovenste 40 cm op de begroeide en de onbegroeide veldjes ongeveer gelijk en wel ongeveer 20 mm was. Blijkbaar haalde de gerst in Juli het benodigde vocht – dit is wellicht ook nog slechts een geringe hoeveelheid geweest – voornamelijk uit de diepere lagen.

In de derde plaats, dat na eind Juni tot een diepte van 40 cm noch op de begroeide, noch op de onbegroeide veldjes capillaire opstijging kon worden geconstateerd. De waargenomen opstijging is dus voordien opgetreden, waarschijnlijk in de eerste droge weken na de Mei-regens.

De in het voorgaande vermelde gegevens lieten de volgende conclusies toe:

1. De zomergerst verbruikte ± 65 mm (40 mm extra indroging + 25 mm capillaire opstijging) water meer dan het vochtverlies uit kale grond bedroeg. Omgerekend per dag bedroeg het verschil 0,9 mm. Dit verschil zou ongetwijfeld wat kleiner zijn geweest, indien de proef eerder was begonnen. Nu viel het verschil over de periode van de eerste gerstgroei weg. Daarentegen zou het wat groter zijn geweest, als de onkruidgroei op de onbegroeide veldjes geheel had kunnen worden onderdrukt.
2. De indroging van de onbegroeide veldjes kon hoogstens 35 mm zijn geweest (nl. vrijwel niets in de eerste periode: De laag van 0–20 cm verloor toen slechts 2 mm) en 30 tot hoogstens 35 mm in de tweede periode, want het vochtverlies in de laag 0–40 cm was toen 25 mm, waarvan slechts 6 mm in de laag 20–40 cm; daaronder dus nog minder. In totaal zou dan het gehele vochtverbruik van de zomergerst hebben bedragen: 140 mm regen + 75 mm (40 + 35) geput uit de indroging van de grond + 25 mm geleverd door capillaire opstijging = 240 mm. Omgerekend per dag 3,4 mm. Later bleek, dat deze grootheden goed pasten bij de gegevens uit andere jaren.

De zes proefvelden, waarop de invloed van een oppervlakkige grondbewerking op de vochthuishouding van een onbegroeide grond zou worden nagegaan, zijn praktisch alle mislukt. De tijd ontbrak om de vereiste grondbewerking (schoffelen) na elke regenperiode met eigen personeel uit te voeren en het bleek niet verstandig om op de werkzaamheid van derden te vertrouwen. Slechts één proefveld (VT 7) werd enige malen geschoffeld en tot het einde toe bemonsterd. Op dit proefveld was op het geschoffelde veldje het zoutgehalte – althans in de bovenste 20 cm – merkbaar lager dan op het onbewerkte veldje (tabel 22). Ook was het bewerkte veldje iets natter. Het leek dus of schoffelen de capillaire opstijging had geremd, of – wat ook mogelijk was – de ontzilting had bevorderd; ook konden beide zijn beïnvloed. Welke van deze drie veronderstellingen de juiste was, kon niet worden uitgemaakt, zodat verdere berekeningen niet om de proef in 1946 te herhalen.

TABEL 22. Verdampingsproefveld VT 7, Tholen, 1945. Invloed van een oppervlakkige grondbewerking op de vochthuishouding van onbegroeide grond.

Datum van bemonstering: 14-8-1945					
	W_{0-20}	W_{0-30}	Z_{0-20}	Z_{0-30}	
Onbewerkte veldjes	5,81	17,58	0,139	0,310	Untilled plots
Geschoffelde veldjes	6,04	18,86	0,112	0,283	Hoed plots

Date of sampling: 14-8-1945

TABLE 22. Observation field VT 7, Tholen, 1945. Influence of hoeing on moisture relationships of bare soil.

b. Standaardplekken

Van de talrijke in 1945 aangelegde standaardplekken werd een deel zo laat bemonsterd, dat deze plekken voor zomerwaarnemingen moesten uitvallen. De overige 41 kwamen in aanmerking voor verwerking. Ook hiervan viel nog een aantal uit, omdat het zoutgehalte te laag was om berekeningen op te zetten, omdat de bontheid van de grond de bemonsteringsfout te groot maakte of omdat tijdens de waarnemingsperiode werd ingezaaid, zodat de betreffende plek noch onder de onbegroeide noch onder de begroeide plekken kon worden gerangschikt.

Van de zes begroeide standaardplekken (drie met lucerne, twee met voederbieten en één met gras), die na schifting overbleven, is alleen de indroging berekend. Deze schommelde, berekend over een profiel tot 60 cm, tussen ± 30 (slecht gewas voederbieten) en ± 70 mm, met een gemiddelde van ongeveer 55 mm. Dit kwam overeen met een indroging van $\pm 0,9$ mm per dag. De waarnemingsperiode liep van ongeveer half Juni tot ongeveer half Augustus.

De niet begroeide plekken, waarvan er drie op Tholen, negen op Zuidbeveland en zestien op Schouwen-Duiveland lagen, werden de eerste maal bemonsterd in de periode aanvangende half Juni en eindigende in de eerste week van Juli. De volgende bemonstering viel in de tweede helft van Augustus en de eerste week van September. Op Zuidbeveland viel tot en met de eerste decade van Augustus weinig regen (nog geen 40 mm sinds half Juni), daarna was de maand Augustus nogal regenrijk (bijna 70 mm na 10 Augustus). De regenval op Schouwen-Duiveland was iets groter. Tabel 23 geeft een overzicht van de neerslag in de zomer van 1945 volgens een station op Zuidbeveland (in de omgeving waarvan de meeste standaardplekken lagen) en een station op Schouwen-Duiveland.

TABEL 23. Neerslag in mm gedurende de zomer van 1945

Maand	Juni			Juli			Augustus			Sept.	Totaal
Decade	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	
Ovezande Brouwershaven	1,8 2,7	5,9 4,5	13,3 12,2	10,6 20,6	2,9 1,9	7,0 15,5	29,5 39,0	17,1 5,5	28,5 20,9	3,4 12,6	120,0 135,4
Decade	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	
Month	June			July			August			Sept.	Total

TABLE 23. Precipitation in mm during the summer of 1945

FIG. 6. Standaardplekken, Schouwen-Duiveland, 1945. Vochtverlies in de laag 0-60 cm gedurende de zomer.

I Periode van $\pm 19-6-1945$ tot $\pm 24-8-1945$.

II Periode van $\pm 3-7-1945$ tot $\pm 24-8-1945$.

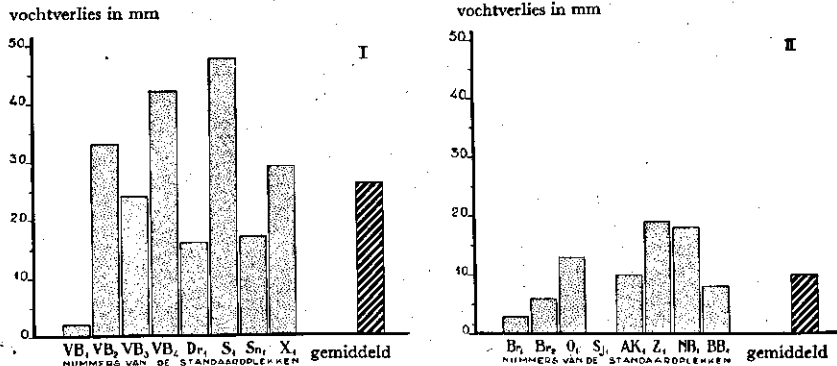


FIG. 6. Sampling spots, Schouwen-Duiveland, 1945. Loss of water in the upper 60 cm during summer.

I Period from $\pm 19-6-1945$ to $\pm 24-8-1945$.

II Period from $\pm 3-7-1945$ to $\pm 24-8-1945$.

Op deze onbegroeide plekken varieerde de daling van het vochtgehalte van -12 (een stijging dus) tot 48 mm, gemiddeld 14 mm. Slechts 3 van de 28 plekken vertoonden een vochtverlies groter dan 30 mm en slechts 8 van de 28 kwamen boven de 20 mm. Dit alles over een waarnemingsperiode van globaal 2 maanden en over een diepte tot 60 cm. Een nadere bestudering van de op Schouwen-Duiveland verkregen cijfers leerde, dat de omstreeks 20 Juni voor het eerst bemonsterde plekken in het algemeen meer vocht hadden verloren (gemiddeld 26 mm) dan de omstreeks 3 Juli voor het eerst bemonsterde plekken (gemiddeld 10 mm). Dit liet zich verklaren uit het feit dat de vroeg bemonsterde plekken meestal op het tijdstip van bemonstering nog pas korte tijd boven water lagen, terwijl de later bemonsterde plekken gemiddeld al wat langer droog waren voor ze werden bemonsterd en reeds enig vocht hadden verloren. In deze gedachten-gang paste ook het afwijkende gedrag (zie fig. 6) van de plek VB 1. Deze plek lag veel hoger dan de overige drie standaardplekken in de polder Vierbannen en hoorde dus ondanks de vroege bemonsteringsdatum eigenlijk niet in deze groep thuis, want de bemonstering heeft zeker niet kort na het droogvallen plaats gevonden. Overigens lag de in fig. 6 gegeven indeling voor de hand. Een door en door natte grond verdampt betrekkelijk veel water, maar deze verdamping daalt snel naarmate het vochtgehalte van de bovenste grondlaag afneemt. De regenval in de maand Augustus is niet voldoende geweest om het sinds het droogvallen opgetreden vochtverlies te niet te doen, maar heeft de daling van het vochtgehalte na begin Juli tot op 10 mm na gecompen-seerd.

Merkwaardig was nog wel, dat de plekken, die een duidelijke capillaire opstijging te zien gaven en op welke men zou kunnen verwachten dat de opstijging het vochtverlies enigszins kon compenseren, in het algemeen vrij sterk waren ingedroogd. De daling in vochtgehalte van deze plekken was zeker zo groot, als van niet „opgevende” gronden. Mogelijk is dit verschijnsel als volgt te verklaren: Na een zekere indroging komt de verdamping uit onbegroeide grond vrijwel tot stilstand. Het dan nog in de grond aanwezige water wordt zo sterk gebonden, dat afgifte van water slechts zeer langzaam plaats vindt. Men kan zich voorstellen, dat de grove capillairen bij een bepaalde graad van indroging leeg zijn

en dat het water zich uit de fijne capillairen niet sneller laat verwijderen dan het uit de ondergrond wordt aangevuld. In dit geval resulteert het effect van capillaire aanvoer uit de ondergrond waarschijnlijk niet zo zeer in een hoger vochtgehalte als wel in een verdamping van dit aangevoerde water bij gelijkblijvend vochtgehalte. Mogelijk zou ook de volgende verklaring kunnen dienen. De niet-opgeven gronden waren wel iets sterker ingedroogd, maar dit verschil is door de regenval in Augustus genivelleerd. Zoals in 1946 kon worden aangetoond behoeft een grond in een natte periode een groter gedeelte van de regenval tegen verdamping, naarmate deze regen een groter vochttekort heeft aan te vullen.

De plekken buiten Schouwen-Duiveland gelegen vertoonden over de periode van ongeveer half Juni tot omstreeks half Augustus gemiddeld vrijwel hetzelfde vochtverlies als de tweede reeks uit fig. 6.

In bovenstaande beschouwingen is steeds gesproken over vochtverlies inplaats van over indroging. Dit is geschied, omdat – zoals bij de bespreking van de zoutbeweging zal blijken – wellicht een deel van het vocht door uitzakking is verloren gegaan.

De voornaamste conclusie was wel, dat, zelfs in een vrij droge zomer als van 1945, onbegroeide gronden slechts een gering vochtverlies vertoonden en dat de gemeten vochtverliezen sterk werden beïnvloed door de waarnemingsperiode.

Gaven de wisselingen in vochtgehalte van de onbegroeide standaardplekken weinig aanleiding tot commentaar, met de zoutgehalten was het anders gesteld. Op 16 van de 28 plekken bleef het resultaat van de zoutbeweging binnen de grenzen van de waarnemingsfouten; 7 plekken toonden een duidelijke capillaire opstijging, in een enkel geval oplopend tot boven 100 mm, terwijl 5 plekken een zoutverlies te zien gaven dat omgerekend maximaal 65 mm afvoer betekende. Doordat dus zowel een opgaande als een neergaande zoutbeweging werd geconstateerd, konden de zojuist vermelde cijfers niet meer dan een grootte-orde aangeven. Immers er moest rekening worden gehouden met de mogelijkheid, dat de berekende opstijging nog groter was geweest, maar ten dele door ontziltling was teniet gedaan. Omgekeerd kon de ontziltling te laag zijn berekend, doordat in de droge periode na de eerste bemonstering eerst nog opstijging had plaats gevonden.

Een inleiding zoals hierboven werd gegeven – in plekken waarvan het zoutgehalte was toegenomen en plekken waarvan het zoutgehalte was afgenomen – had kwalitatief gezien weinig waarde. Tabel 24 demonstreert, dat de standaardplekken VB 2 en VB 4 kwalitatief gezien hetzelfde beeld toonden, namelijk een verziltling van de laag 0–10 cm en een zoutverlies van de daaronder gelegen lagen; toch was VB 2 één van de meest verzilte profielen en had VB 4 zout verloren! De opstijging is waarschijnlijk groter geweest dan uit de bovengenoemde indeling naar voren komt, want op 21 van de 28 plekken was het zoutgehalte van de laag 0–20 cm gelijk gebleven of gestegen. Dit verschijnsel was te verwachten, omdat het complex factoren dat de verziltling beïnvloedt en het complex factoren, dat de ontziltling bepaalt, twee verschillende groepen eigenschappen zijn. Van twee gronden die een gelijke capillaire opstijging vertonen kan de ontziltlingssnelheid sterk uiteenlopen. Dit maakte het trekken van conclusies uiterst moeilijk. Het was natuurlijk wel waarschijnlijk, dat in de verzilte profielen een grotere capillaire opstijging had plaats gevonden dan in de ontzilte, maar bewezen was deze veronderstelling niet. Daarvoor zou men een vrijwel regenloze waarnemingsperiode moeten hebben gehad.

De totale verdamping (= regenval + indroging + capillaire opstijging c.q. regenval + indroging – afvoer) bedroeg voor de verzilte plekken gemiddeld 2,6 mm per dag, voor de ontzilte 1,3 mm en voor de tussengroep 1,8 mm. Het gemiddelde voor alle 28 plekken was 1,9 mm per dag.

Bij de bestudering der gegevens viel nog op, dat waar capillair transport was geconstateerd, dit ook altijd het oppervlak van de grond had bereikt; in sommige gevallen

TABEL 24. Standaardplekken VB 2 en VB 4, Schouwen-Duiveland, 1945. Veranderingen in het zoutgehalte gedurende de zomer.

No van de plek <i>No of sampling spot</i>	VB 2 (Polder Vierbannen)						VB 4 (Polder Vierbannen)					
Datum van bemonstering <i>Date of sampling</i>	18-6-1945			22-8-1945			19-6-1945			22-8-1945		
Laag in cm <i>Layer in cm</i>	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0-10	45,5	1,07	23,7	34,3	2,09	61,1	44,1	1,13	25,8	33,5	1,51	45,0
10-20	42,8	0,80	18,6	34,5	0,67	19,3	45,7	1,09	23,8	33,7	0,55	16,5
20-40	26,5	0,50	19,0	27,7	0,46	16,8	28,8	0,45	15,7	26,2	0,41	15,6
40-60	25,6	0,49	19,0	25,6	0,47	18,2	26,8	0,38	14,1	25,6	0,37	14,3

TABLE 24. Sampling spots VB 2 and VB 4, Schouwen-Duiveland, 1945. Changes in salt content during the summer.

(VB 2, VB 3, Dr 1) was zelfs vrijwel de gehele hoeveelheid capillair aangevoerd water in de bovenste laag verdampt. Hierdoor kon – zoals tabel 24 aantoon – het zoutgehalte van de bovenste laag zeer sterk oplopen. Bij bemonstering van de bovenste cm werden nog veel hogere waarden gevonden dan de in de tabel vermelde.

Een vraag die de waarnemingen opriepen, was: Hoe kon worden verklaard, dat vele plekken bovenin waren verzilt en onderin zoutverlies vertoonden? Het zoutverlies onderin kon soms geheel of ten dele worden geweten aan uitzakking van het zouthoudende bodemvocht of aan capillaire opstijging binnen profieldiepte, maar deze verklaringen waren niet altijd toereikend. Was het mogelijk, dat de – 's zomers meestal in buien vallende – regen in de, soms sterk gescheurde, bovengrond snel door de scheuren wegliep en eerst op enige diepte zijn maximale ontziltende werking ontplooi? Een antwoord voor dit vraagstuk kon in 1945 nog niet worden gegeven.

3. WAARNEMINGEN VERRICHT GEDURENDE DE ZOMER VAN 1946

Evenals in 1945 werd een aantal verdampingsproefvelden aangelegd en wel een tiental op Walcheren en een zestal op Schouwen-Duiveland. Voorts werden wederom vele – ditmaal praktisch uitsluitend begroeide – standaardplekken bemonsterd. Deze plekken lagen verspreid over vrijwel alle Zeeuwse en enkele Zuidhollandse eilanden. Tenslotte werd nog getracht de verdamping tijdens zeer korte waarnemingsperioden (één dag) te meten. Teneinde geen gegevens verloren te laten gaan, werd weer van alle bemonsteringen – voor welk doel ook genomen – nagegaan of de gegevens bruikbaar waren voor het opzetten van verdampingsberekeningen. Dit bleek inderdaad in enige gevallen zo te zijn. Bij de beschrijving der resultaten werd dezelfde volgorde aangehouden als voor 1945.

a. Verdampingsproefvelden

De opzet van deze proefvelden was beter dan in 1945. De omvang der veldjes was van een halve are op een are gebracht, waarvan een randstrook van 1 meter breedte niet werd bemonsterd, om invloed van het omgevende gewas tegen te gaan. Van begin af aan werd bemonsterd tot een diepte van 80 cm. Voorts lag elk object in duplo, zodat de proefvelden in totaal 4 veldjes omvatten.

Van de zes op Schouwen-Duiveland aangelegde proefvelden was er één minder

geslaagd, doordat de ondergrond van het proefveld een verloop in zwaarte te zien gaf, hetgeen van invloed bleek te zijn op de stand van het gewas. Van de overige waren er vier genummerd VS 1 tot en met VS 4 – tamelijk gelijkwaardig van grondsoort. De bouwvoor had een slibgehalte van ongeveer 20 % (slechts VS 1 was iets lichter) en dit gehalte daalde vrij snel met toenemende diepte. Het vijfde proefveld (VS 5) lag op zeer zware grond (slibgehalte bijna 60 %), die naar beneden slechts zeer langzaam lichter werd. Toen de waarnemingen begonnen, waren de gronden vrij ver ontzilt (C-cijfers in de laag van 60–80 cm tussen 7 en 12), hetgeen de betrouwbaarheid der berekeningen niet ten goede kwam. De resultaten verkregen op de vijf proefvelden varieerden overigens zo weinig, dat bij de verwerking de proefvelden vrijwel steeds als een geheel zijn behandeld.

Het proefgewas (wintertarwe) werd op de veldjes die onbegroeid moesten blijven eind Maart door wieden verwijderd. Grondmonsters werden genomen omstreeks 1 April, in de eerste week van Juni, omstreeks half Juli en in de tweede helft van Augustus. De tijdsruimte tussen de eerste en de derde bemonstering omvatte vrijwel de groeiperiode van de wintertarwe. In deze periode viel ruim 220 mm regen, uitgezonderd op VS 1 (met ruim 180 mm regen) waar de bemonsteringsdata iets vroeger vielen. De maand April en de eerste decade van Mei waren tamelijk droog, ook de laatste decade van Juni en de eerste van Juli waren arm aan regen. De rest van de zomer – vooral de maand Augustus – was regenrijk. Tabel 25 geeft een overzicht van de regenval geregistreerd op de stations Noordgouwe en Brouwershaven (rond welke stations de proefvelden lagen) in de zomer van 1946.

TABEL 25. Schouwen-Duiveland. Neerslag in mm gedurende de zomer van 1946.

Maand	Maart	April			Mei			Juni			Juli			Augustus			Totaal
Decade	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Noordgouwe	–	4,2	4,8	14,3	0,0	16,2	32,3	55,8	58,1	8,9	3,8	32,4	25,0	27,9	61,3	35,8	380,8
Brouwershaven	35,5	5,8	6,1	11,7	0,0	13,4	36,0	57,5	33,9	12,7	3,8	33,6	21,4	14,6	96,0	23,2	405,2
Decade	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Month	March	April			May			June			July			August			Total

TABLE 25. Schouwen-Duiveland. Precipitation in mm during the summer of 1946.

In de periode tussen de April- en de Julibemonstering droogde de begroeide grond – berekend over een profiel van 80 cm diepte – rond 60 mm in. De indroging was op alle percelen tot op 80 cm diepte merkbaar, maar bedroeg in de onderste laag (60–80 cm) gemiddeld slechts 8 mm. De indroging was het sterkst (zie tabel 26) in de laag van 20–40 cm. VS 1 vormde een uitzondering; op dit proefveld was de laag van 0–20 cm het meest ingedroogd, doordat dit proefveld eind Maart het kortst na de regen en in Juli als enige proefveld juist voor een zware regenval werd bemonsterd.

In dezelfde periode vertoonden de begroeide veldjes een lichte verzilting, ten gevolge van een capillaire opstijging van ± 30 mm. De gevolgen van de capillaire opstijging waren het best merkbaar in de lagen 20–40 cm en/of 40–60 cm. Door de lage zoutcijfers was de grootte van de verzilting bovenin moeilijk te beoordelen (tabel 26).

TABEL 26. Verdampingsproefvelden VS 2, VS 3, VS 4 en VS 5, Schouwen-Duiveland, 1946. Gemiddelde verschillen in vocht- en zoutgehalte tussen de April- en Juli-bemonsteringen.

Laag in cm		0-20	20-40	40-60	60-80	0-80	Layer in cm
Begroeiende veldjes	VW	1,5	2,7	1,2	0,8	6,2	<i>VW Cropped VZ plots</i>
	VZ	-0,006	-0,017	-0,014	+0,003	-0,034	
Onbegroeide veldjes	VW	-0,2	0,4	0,5	0,8	1,5	<i>VW Bare VZ plots</i>
	VZ	-0,001	0,000	+0,005	+0,010	+0,014	

TABLE 26. Observation fields VS 2, VS 3, VS 4 and VS 5, Schouwen-Duiveland, 1946. Mean differences in moisture- and salt content of the soil between April and July 1946.

Het totale vochtgebruik tenslotte, bedroeg ongeveer 2,9 mm daags. Hiervan werd gemiddeld 70 % geleverd door de regen, 20 % door indroging van de grond en 10 % door capillaire aanvoer van water uit de ondergrond. De schommelingen rond het gemiddelde stonden zeker onder invloed van de variaties in regenval. VS 1 die door afwijkende bemonsteringsdata minder regen had gehad, vertoonde ook een geringer vochtverbruik dan de overige velden. Er leken ook aanwijzingen te zijn voor een invloed van de grondsoort en van de stand van het gewas, maar voor het trekken van conclusies was het aantal gevallen te klein.

De tussenbemonstering die rond 5 Juni plaats vond leerde nog, dat voordien het dagelijks vochtverbruik 2,4 mm bedroeg (waarvan 1,5 mm regen) en nadien ongeveer 3,4 mm (waarvan 2,6 mm regen). Het staat te bezien of de wintertarwe in de tweede periode inderdaad een hogere vochtbehoefte had dan in de eerste. Wellicht was het vochtverbruik alleen maar groter omdat de regenval hoger was.

Op de onbegroeide veldjes was het vochtverlies tengevolge van indroging zeer gering, nl. 19 mm gemiddeld, waarbij VS 1 met 49 mm weer het enige proefveld was, dat er, tengevolge van enigszins afwijkende bemonsteringsdata, uitsprong. Behalve op VS 3 was uit alle veldjes wat zout verdwenen, overeenkomend met een afvoer van ongeveer 25 mm. Of deze afvoer nu geheel aan regenpassage of misschien voor een deel ook aan uitzakking van bodemvocht was te wijten, maakte voor de eindberekening weinig uit. De totale verdamping bedroeg 1,9 mm, dus iets minder dan de regenval (2 mm). Van deze verdamping was nog geen 10 % door de indroging van de grond geleverd.

Daar de gemiddelde verdamping van de begroeide veldjes 2,9 mm daags en van de onbegroeide 1,9 mm daags bedroeg, heeft het gewas wintertarwe in de periode van ± 1 April tot half Juli een extra verdamping veroorzaakt van 1 mm per dag. Voor de periode tot begin Juni was dit verschil ongeveer 0,7 mm, voor de tweede periode was het ongeveer 1,5 mm daags. Op de begroeide veldjes heeft de verdamping van het gewas de regenval in beide perioden met ongeveer hetzelfde bedrag (0,8 à 0,9 mm per dag) overtroffen, maar op de kale veldjes overtrof de verdamping de regenval in de eerste periode en bleef er ver bij achter in de tweede (tabel 30).

Zeer interessante gegevens leverde de Augustus-bemonstering. Het zoutgehalte van de onbegroeide veldjes was nog iets verder gedaald, het zoutgehalte van de veldjes waarop wintertarwe had gestaan was iets gestegen. De veranderingen waren echter droging, die sinds het voorjaar was opgetreden, teruggebracht van 19 tot 6 mm. De uitgangstoestand was dus bijna weer bereikt. In de tarwestoppel was de indroging van

63 mm gedaald tot 21 mm. Merkwaardig was nu de verdamping (zie tabel 30). Deze bedroeg voor de kale veldjes 3,8 mm per dag. De verdamping uit de stoppel was zonder uitzondering lager en was gemiddeld 3,2 mm per dag.

Uit deze cijfers bleek in de eerste plaats dat de verdamping sterk afhankelijk was van de regenval. Immers het groeiende gewas verbruikte 2,9 mm daags en de stoppel 3,2 mm. Dit was mogelijk doordat tijdens de groeiperiode gemiddeld 212 mm regen viel in 107 dagen, terwijl op de stoppel 144 mm in 34 dagen viel. Voorts bleek de verdamping afhankelijk te zijn van het vochtgehalte van de grond. De stoppel was ten tijde van de oogst sterker uitgedroogd dan de kaalgebleven grond. Op de kale veldjes was slechts weinig regen nodig om de pF van de grond sterk te verlagen, waarna een gemakkelijk watertransport en daardoor een sterke verdamping mogelijk was. Op de veel drogere stoppel was meer regen nodig om de pF te verlagen tot een waarde waarbij een snelle verdamping kon optreden.

De totale verdamping voor de periode begin April tot eind Augustus werd voor de begroeide veldjes 2,9 mm en voor de onbegroeide 2,3 mm per dag.

De proefvelden, waarop de invloed van de bewerking op het vocht- en zoutregime van de grond zou worden nagegaan – tien in getal en genummerd VW 1 tot en met VW 10 – lagen in de Zuidwatering op Walcheren op lichte en matig zware gronden (15 % – 27 % afslibbare delen), die behoudens één (VW 10) naar beneden toe meer of minder snel lichter werden. Drie proefvelden gingen verloren door onachtzaamheid van de landbouwers, die de grond bewerkten. De overige zeven gaven tamelijk gelijkvormige resultaten. Voor een tweetal konden niet alle berekeningen met voldoende nauwkeurigheid worden uitgevoerd, omdat de eerste bemonstering niet uitvoerig genoeg was geweest. De proefvelden werden, evenals die op Schouwen-Duiveland, viermaal bemonsterd en wel omstreeks 1 April, omstreeks half Juni, in de tweede helft van Juli en rond 20 Augustus. De veldjes, die bewerkt moesten worden, werden herhaaldelijk (in totaal 14 à 15 maal) geschoffeld; steeds zo kort mogelijk na de regen.

Ten aanzien van de regenval – voor de berekeningen werd gebruik gemaakt van de cijfers van de stations Vlissingen en Middelburg (tabel 27) – gold globaal hetzelfde als voor de in tabel 25 vermelde gegevens van Noordgouwe en Brouwershaven. De regenverdeling was ongeveer gelijk, maar de maand Juni en de tweede helft van Augustus waren op Walcheren minder nat.

De invloed van het schoffelen op de daling van het vochtgehalte is niet groot geweest. De daling zelf was niet groot – zij het iets groter dan op de proefvelden van Schouwen – en dus was van een beïnvloeding ervan door de groundbewerking ook niet

TABEL 27. Walcheren. Neerslag in mm gedurende de zomer van 1946.

Maand	Maart			April			Mei			Juni			Juli			Augustus			Totaal
Decade	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
Middelburg Vlissingen	49,8	2,8	9,3	15,4	0,5	22,7	33,6	37,9	26,1	16,7	4,2	25,9	37,3	11,9	37,2	19,7	351,0		
	44,6	1,9	9,9	15,7	0,5	16,6	25,3	28,1	27,9	10,7	8,5	20,2	33,6	5,2	19,7	36,5	304,9		
Decade	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
Month	March	April			May			June			July			August			Total		

TABLE 27. Walcheren. Precipitation in mm during the summer of 1946.

veel te verwachten. Het schoffelen heeft in vrijwel elke periode (tabel 28) ten aanzien van de indroging watersparend gewerkt, maar de verschillen waren gering en soms niet betrouwbaar. Daarentegen was de invloed van het schoffelen op de zoutbeweging – hoewel deze op alle veldjes, ongeacht de behandeling, een neerwaarts gerichte resultante had – wel groot (tabel 28). Ten gevolge van de bewerking werd – over de gehele periode gerekend – de totale verdamping teruggebracht van 274 op 246 mm. Dit was een vermindering van 28 mm of 10 %. Zoals reeds uit de tabel 28 blijkt, kwam van deze verlaging van de verdamping slechts een klein deel ten goede aan het vochtgehalte van de grond, het grootste deel van het „gespaarde” water zakte weg tot beneden profiel diepte.

TABEL 28. Verdampingsproefvelden, Walcheren, 1946. Indroging en neerwaartse waterpassage in mm in de laag 0-80 cm.

Waarnemings- periode	Indroging			Ontziltling			Period of observation
	$\pm 1-4$ tot $\pm 14-6$	$\pm 1-4$ tot $\pm 23-7$	$\pm 1-4$ tot $\pm 21-8$	$\pm 1-4$ tot $\pm 14-6$	$\pm 1-4$ tot $\pm 23-7$	$\pm 1-4$ tot $\pm 21-8$	
Onbewerkte veldjes	26	33	26	10	13	25	Untilled plots
Bewerkte veldjes	22	31	21	19	38	48	Hoed plots
Loss of water				Desalinization			

TABEL 28. Observation fields, Walcheren, 1946. Loss of water and desalinization in mm in the upper 80 cm.

FIG. 7. Verdampingsproefvelden, Walcheren, 1946. Invloed van een oppervlakkige bewerking op de B-cijfers van kale grond.
I B-cijfers ± 1 April.
II B-cijfers geschoffelde veldjes ± 23 Juli.
III B-cijfers niet bewerkte veldjes ± 23 Juli.

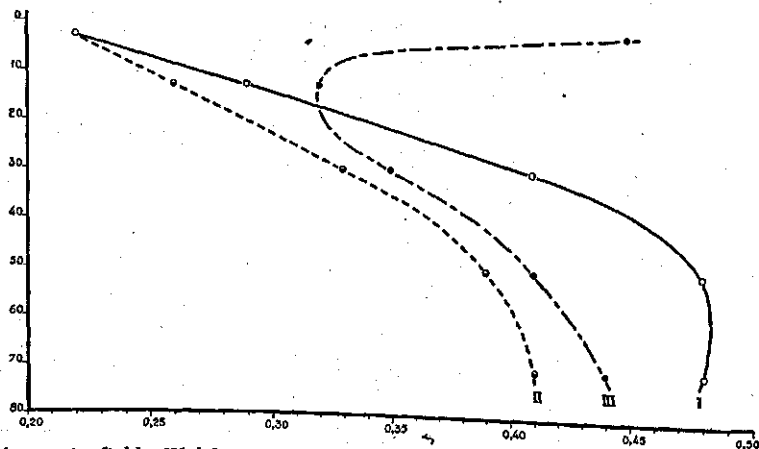


FIG. 7. Observation fields, Walcheren, 1946. Influence of repeated hoeing on the B-figures of bare soil.
I B-figures \pm April 1st.
II B-figures hoed plots \pm July 23rd.
III B-figures untilled plots \pm July 23rd.

Veel belangrijker dan de verschillen in totale zouthoeveelheid tussen bewerkte en onbewerkte veldjes, was de verdeling van het zout over het profiel. De geschoffelde veldjes waren altijd over het gehele profiel ontzilt, slechts op VW 2 was de laag van 0–20 cm iets verzilt. De onbewerkte veldjes waren in de laag van 0–20 cm – althans over de periode tot eind Juli – meestal duidelijk verzilt. Beneden 20 cm was de ontziltiging niet zoveel kleiner dan op de geschoffelde veldjes. Figuur 7 toont dit verschil ten duidelijkste.

Doordat de vochtgehalten van bewerkte en onbewerkte veldjes zeer weinig verschillen, was het verloop van de C-cijfers vrijwel gelijk aan de in figuur 7 getekende krommen voor de B-cijfers.

De regenval tussen de Juli- en de Augustusbemonstering was zo hevig dat, onafhankelijk van de bewerking – die trouwens door de zware regens in deze periode tot drie-maal schoffelen werd beperkt –, in de bovenste 5 cm van de grond steeds ontziltiging plaats vond. Soms strekte de ontziltiging zich zelfs uit tot de laag 5–20 cm. Toch bleven de verschillen in zoutgehalte tussen bewerkte en onbewerkte veldjes van dien aard, dat ze zichtbaar konden worden gemaakt met behulp van een gewas. Op 20 September werden van elk proefveld de veldjes voor de helft ingezaaid met Juliana wintertarwe. Op de meeste proefvelden vertraagden of belemmerden de hoge C-cijfers op de onbe-

FIG. 8. Verdampingsproefveld VW 6, Walcheren, 17-10-1946. Het proefveld is voor de helft overlangs bezaaid met Juliana-wintertarwe. Op de onbewerkte veldjes (lichte tint) is de tarwe zeer slecht opgekomen, op de geschoffelde veldjes (grauwe tint) is de opkomst goed.



FIG. 8. *Observation field VW 6, Walcheren, 17-10-1946. Half of the trial field has been sown in autumn with Juliana-wheat. On the untilled plots (light colour) the wheat germinated badly, whereas the hoed plots (gray colour) bear a good crop.*

werkte veldjes de opkomst van de tarwe, zoals figuur 8 weergeeft. Op 25 October werd op de zoutste proefvelden ook de andere helft bezaaid. En ook bij deze inzaai deden de verschillen in C-cijfer hun invloed gelden. Op het proefveld VW 8 stond op 22 November deze laatst ingezaaide tarwe op de geschoffelde veldjes nog tweemaal zo dicht als op de onbewerkte.

Bij deze proef werd een vrij sterke zoutgevoeligheid van de wintertarwe geconstateerd. Dit behoeft niet in tegenspraak te zijn met de door VAN DEN BERG (1950) gevonden hoge zouttolerantie van wintertarwe. De eerste zaaitijd viel vroeg en in een tijd met hoge temperaturen. Mogelijk neemt de zoutgevoeligheid toe bij stijgende temperatuur. Bovendien kan in de praktijk de uitstoeiing later enigszins hebben vergoed, wat er aan kiemplanten tekort kwam. De tweede zaai had alleen plaats op proefvelden, waarvan zelfs de geschoffelde veldjes zeer hoge zoutgehalten vertoonden. Deze later gezaaide tarwe vertoonde een veel geringere zoutgevoeligheid.

Bij het inzaaien werden tevens monsters genomen van de laag 0-5 cm. Hierbij bleek dat na een natte zomer in een droge herfst (October 1946 was zeer droog, tussen 20 September en 25 October viel in de Zuidwatering slechts 15 mm regen) nog lang capillaire opstijging kon plaats vinden. Onderstaande tabel 29 toont dit voor de 4 proefvelden (VW 1, VW 6, VW 7 en VW 8), die ook op 25 October nogmaals werden bezaaid. De bewerkte en de onbewerkte veldjes zijn gescheiden gehouden op grond van het verschil in zoutgehalte, niet wegens een verschil in bewerking, want na 21 Augustus zijn de bewerkte veldjes slechts tweemaal geschoffeld.

TABEL 29. Verdampingsproefvelden, Walcheren, 1946. Gemiddelde B-cijfers in de laag van 0-5 cm.

Datum van bemonstering	21-8	20-9	25-10	Date of sampling
Bewerkte veldjes	0,11	0,13	0,26	Hoed plots
Onbewerkte veldjes . .	0,30	0,33	0,51	Untilled plots

TABLE 29. Observation fields, Walcheren, 1946. Mean B-figures in the upper 5 cm.

Een overzicht betreffende de verdampingscijfers van de proefvelden op Schouwen-Duiveland en op Walcheren (tabel 30) leert in de eerste plaats dat tijdens de eerste periode de verdamping iets hoger was dan de regenval. Dit werd veroorzaakt doordat de geringe indroging toch altijd nog iets groter was dan de afvoer van regenwater naar de ondergrond. In de tweede periode was dit op de Schouwense veldjes en op de bewerkte veldjes op Walcheren al niet meer het geval. En in de derde periode lag de verdamping in alle gevallen lager, omdat een deel van de regenval diende om de indroging van de grond te verminderen, terwijl bovendien nog enige afvoer optrad. Het verschil was het grootst op de zwaar ingedroogde tarwestoppel.

Vervolgens mogen nog enkele woorden worden gewijd aan een probleem dat ook bij de behandeling van de gegevens van 1945 reeds ter sprake kwam, namelijk de merkwaardigheid, dat zoutverlies onderin het profiel en verzilting in de bovenste lagen vaak samengingen. Ook de verdampingsproefvelden van 1946 vertoonden dit verschijnsel. Weliswaar hadden, zowel op Schouwen-Duiveland als op Walcheren, vrijwel alle onbegroeide veldjes zout verloren, maar dit zoutverlies kwam op de onbewerkte veldjes voor rekening van de lagen beneden 20 cm; de laag 0-20 cm was verzilt.

TABEL 30. Verdampingsproefvelden, 1946. Overzicht van de regenval en de verdamping.

WALCHEREN Waarnemingsperiode		$\pm 1-4$ tot $\pm 21-8$	$\pm 1-4$ tot $\pm 14-6$	$\pm 14-6$ tot $\pm 23-7$	$\pm 23-7$ tot $\pm 21-8$	WALCHEREN Period of observation
Regenval in mm per dag		1,9	1,6	1,5	3,2	Precipitation in mm/24 hrs
Verdamping in mm per dag	Onbewerkte veldjes	2,0	1,8	1,6	2,6	Untilled plots Evaporation in mm/24 hrs
	Bewerkte veldjes	1,8	1,7	1,3	2,5	Tilled plots
SCHOUWEN-DUIVELAND Waarnemingsperiode		$\pm 2-4$ tot $\pm 22-8$	$\pm 2-4$ tot $\pm 4-6$	$\pm 4-6$ tot $\pm 19-7$	$\pm 19-7$ tot $\pm 22-8$	SCHOUWEN-DUIVELAND Period of observation
Regenval in mm per dag		2,5	1,5	2,6	4,2	Precipitation in mm/24 hrs
Verdamping in mm per dag	Kaal gebleven veldjes	2,3	1,7	1,9	3,8	Fallow plots Evaporation in mm/24 hrs
	Tarwestoppel				3,2	Wheat stubble

TABLE 30. Observation fields, 1946. Mean precipitation and evaporation.

Hoewel ook de cijfers van 1946 geen volledige oplossing van het probleem brachten, maakten ze toch enige zeer aannemelijke veronderstellingen mogelijk. Wanneer voor de bewerkte veldjes op Walcheren werd aangenomen, dat het zoutverlies in de achtereenvolgende perioden te wijten was aan ontzilting, dan deed zich de onwaarschijnlijkheid voor van een negatieve correlatie tussen de regenval en de ontzilting. Voor deze veldjes was de ontzilting in de derde periode (± 23 Juli tot ± 21 Augustus) maar half zo groot als in de tweede (± 14 Juni tot ± 23 Juli), terwijl de regenval per dag juist het dubbele was van die in de tweede (3,2 mm tegen 1,5 mm). Ook de totale neerslag in de derde periode was aanmerkelijk hoger, zelfs indien de, trouwens geringe, hoeveelheid regen die werd verbruikt ter aanvulling van het vochtgehalte van de grond in mindering werd gebracht. Ook indien alleen hevige regens of langdurige regenperioden werden beschouwd, dan wees alles erop, dat de ontzilting in de derde periode het grootst had moeten zijn. De enige conclusie, waartoe de gememoreerde anomalie kon leiden, was dat het zoutverlies nooit in zijn geheel aan regenpassage kon worden geweten, maar ten dele door uitzakking van bodemvocht moest zijn veroorzaakt. Een mogelijkheid die ook naar aanleiding van de gegevens der standaardplekken van 1945 reeds werd geopperd. Enige ontzilting is er wel geweest, hetgeen bleek uit een daling der C-cijfers. Bij uitzakking van grondwater kunnen namelijk de C-cijfers geen daling van betekenis vertonen.¹

Een dergelijke uitzakking van water uit de grond in de voorzomer was zeer wel verklaarbaar, omdat in deze periode de grondwaterstand veelal zakt en dan zakt het hele capillaire systeem mee. Dit was zeker het geval in de Zuidwatering, waar de proefvelden lagen. Hier was door de inundatie het gehele net van waterafvoerwegen verstoord

¹ Inderdaad kan uitzakking ook enige daling van de C-cijfers veroorzaken. Bij de berekening van het C-cijfer wordt namelijk het totale vochtgehalte van de grond in rekening gebracht, dus ook de chloorarme watermantel om de klei- en humusdeeltjes. Bij een vochtverlies ten gevolge van een uitzakking van water, wordt de verlaging van deze chloorarme watermantel op het berekende C-cijfer groter. Bovendien kan bij uitzakking een deel van het in een bepaalde laag aanwezige water, vervangen worden door minder zout water uit een hogere laag. Toch kunnen deze beide invloeden de gevonden verlagingen van het C-cijfer slechts voor een deel verklaren.

-- zodat ten tijde van de aanleg der hooggelegen proefvelden de laagste delen van het gebied nog blank stonden -- en eerst laat in het voorjaar kwam er verbetering in deze toestand.

Indien uit een profiel water is weggezakt dan mag een daling van de A-cijfers dus in geen geval geheel aan indroging worden geweten. Dit is echter in het vervolg wel steeds gedaan omdat de uitzakking slechts zelden nauwkeurig kan worden berekend. Een dergelijke handelwijze heeft op de berekening van de grootte van de verdamping geen invloed.

Ten slotte resteerde nog de merkwaardigheid, dat de geringe ontzilting die onderin het profiel toch ongetwijfeld was opgetreden, in de bovenste lagen nauwelijks (bewerkte veldjes) of in het geheel niet (onbewerkte veldjes) tot uiting kwam. Dit verschijnsel kon niet worden geweten aan het teloor gaan van het ontziltingseffect in de top laag door daarna opgetreden capillaire opstijging, want sommige bemonsteringen vielen in of vlak na een regenperiode en desondanks was het zoutgehalte in de top laag vrijwel onveranderd gebleven. Ook de omgekeerde veronderstelling was onaanvaardbaar. Men zou namelijk kunnen overwegen of de capillaire opstijging zo groot geweest kon zijn, dat ook in het geval van een regenperiode vlak voor de bemonstering, ondanks de opgetreden ontzilting, de C-cijfers in de top laag hoger waren dan bij een voorgaande bemonstering. Maar in dat geval zouden de C-cijfers van de dieper gelegen lagen enigszins moeten zijn gestegen door de toevoer van het zeer zoute water uit de bovenlaag, een verschijnsel dat in de herfst bij beginnende ontzilting vaak werd opgemerkt. Maar in deze dieper gelegen lagen waren de C-cijfers soms echter gedaald tot beneden de laagste waarde, die bij een voorgaande bemonstering in het profiel -- dus ook in de top laag -- werd aangetroffen.

Resteerdde slechts de mogelijkheid, dat het regenwater door de bovenste grondlagen was gezakt zonder een belangrijke ontzilting teweeg te brengen. Het is bekend (PENMAN en SCHOFIELD, 1941) dat uit grond zakwater kan vrijkomen voordat de grond zijn verzadigingspunt heeft bereikt. Blijkbaar zakt dit water snel weg door scheuren, wortelgangen en andere poriën zonder de grond tussen deze ruimten geheel te doordringen. Nu zijn vooral in de zomer de voorwaarden voor een snel wegzakken van een deel van het regenwater gunstig door de scheurvorming in de grond en de lage viscositeit van het passerende (betrekkelijk warme) water. Op het belangrijke verschil in doorstromingssnelheid van water door grond ten gevolge van temperatuursverschillen van het percolerende water heeft o.a. GUSTAFSSON (1940) gewezen. Van de neerslag die door de grove poriën naar beneden zakt zal een deel in de wanden van deze poriën trekken. Dit terbanen gelegen kluiten of kruimels. Eerst als de grond geheel doorvocht is, houdt deze waterbeweging op en kan de diffusie zout uit de fijne capillairen naar de grovere poriën voeren. Deze toestand was kennelijk ingetreden in Augustus, toen de ontzilting het normale winterbeeld begon te vertonen.

b. Standaardplekken

Verwerkt konden worden de gegevens van 51 begroeide en van enkele onbegroeide standaardplekken. Van deze vaste monsterplekken lag een enkele op Walcheren, een klein aantal op Zuidbeveland, op Tholen en op Flakkee en meer dan de helft (29) op Schouwen-Duiveland. Deze laatste groep kon het uitvoerigst worden bestudeerd. De voorjaarsbemonstering viel in Maart of de eerste helft van April, de herfstbemonstering in de maand Augustus (van een tweetal plekken in September). Een aantal plekken

op Walcheren werd niet in de beschouwing opgenomen, omdat de eerste bemonstering op een te vroeg tijdstip (reeds in Februari) had plaatsgevonden.

Voor de regenverdeling moge worden verwezen naar tabel 25. De regenval in de andere gebieden week hier weinig van af. Het droge voorjaar veroorzaakte reeds vroeg in het jaar indroging en vaak ook capillaire opstijging. Een tussenbemonstering tot 20 cm van 19 standaardplekken op Schouwen-Duiveland omstreeks 27 April gaf voor alle 19 plekken een duidelijke indroging en voor 18 plekken een merkbare capillaire opstijging te zien (tabel 31).

TABEL 31. Standaardplekken, Schouwen-Duiveland, 1946. Gemiddelde daling der A-cijfers en stijging der B-cijfers in het vroege voorjaar in de laag 0-20 cm.

Datum van bemonstering	A-cijfer	B-cijfer	Date of sampling
± 22 Maart	35,9	0,11	March, ± 22
± 27 April	30,1	0,18	April, ± 27

TABLE 31. Sampling spots, Schouwen-Duiveland, 1946. Mean decrease of A-figures and increase of B-figures in early spring in the upper 20 cm.

FIG. 9. Verdampingsproefvelden en standaardplekken, Schouwen-Duiveland, 1946.

Verloop van het vochtgehalte gedurende de zomer.

Standaardplekken

I A-cijfers ± 23 Maart.

III A-cijfers ± 23 Augustus.

Verdampingsproefvelden (begroeide veldjes)

Ia A-cijfers ± 2 April.

IIa A-cijfers ± 19 Juli.

IIIa A-cijfers ± 22 Augustus.

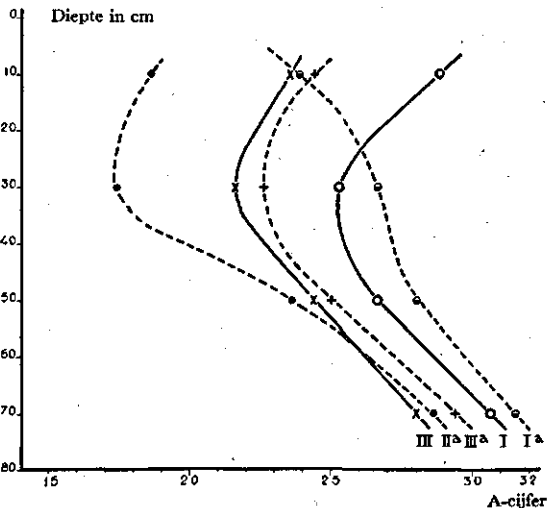


FIG. 9. Observationfields and sampling spots, Schouwen-Duiveland, 1946. Trend of A-figures during summer.

Sampling spots.

I A-figures ± March 21st.

III A-figures ± August 23rd.

Observationfields (cropped plots).

Ia A-figures ± April 2nd.

IIa A-figures ± Juli 19th.

IIIa A-figures ± August 22nd.

Ten aanzien van de indroging kon worden vastgesteld, dat op alle plekken (die op Goeree-Overflakkee even buiten beschouwing gelaten) de bovenste lagen tot 20 à 40 cm diepte in Augustus droger waren dan omstreeks eind Maart. In een groot deel der plekken zette zich deze indroging tot 80 cm diepte toe voort. Een klein aantal was onderin niet ingedroogd, soms zelfs natter geworden, doordat in de maand Augustus vele grondwaterstanden al weer stegen. (Dit bleek b.v. uit een onderzoek van Ir W. C. VISSER op Schouwen-Duiveland.) Voorgaande figuur 9 toont voor de 14 plekken op Schouwen-Duiveland die wel tot 80 cm werden bemonsterd maar geen tekenen van grondwaterstijging binnen profiel diepte te zien gaven, hoe het vochtverlies over de verschillende lagen van het profiel was verdeeld. Ter vergelijking zijn ook de gegevens van de proefvelden met wintertarwe opgenomen. De figuur demonstreert behalve de grote overeenkomst in eindcijfers (curve III en IIIa) tussen proefvelden en standaardplekken ook de vermindering van het vochtverlies na half Juli (curve IIa en IIIa). Voorts valt op de indroging in de laag 0-20 cm tussen 21 Maart en 2 April (curve I en Ia). Hiervoor moet men vergelijken de Maart-cijfers van de standaardplekken en de April-cijfers van de proefvelden, omdat April-cijfers van de standaardplekken ontbraken.

Sloten de waarnemingen op de standaardplekken buiten Schouwen-Duiveland goed aan bij bovengenoemde feiten, dit gold – gelijk reeds eerder werd gemeld – niet voor Overflakkee. Hier was alleen de laag van 10-20 cm in alle gevallen ingedroogd. De boven- en onderliggende lagen gedroegen zich ten aanzien van wijzigingen in het vochtgehalte zeer variabel. Het gevolg was dat in dit gebied nergens belangrijke vochtverliezen werden geconstateerd. Integendeel: sommige plekken waren in Augustus natter dan in April. Dit werd verklaard door de – vergeleken bij de overige standaardplekken – late voorjaarsbemonstering (op 9 en 10 April). De grond was toen ten gevolge van het regenarme voorjaar reeds zover ingedroogd, dat de natte zomer geen grote indroging meer teweeg kon brengen. De tussenbemonstering van de standaardplekken op Schouwen (tabel 31) steunde deze verklaring. De gegevens van een 40-tal plekken op Walcheren die enige malen, zij het slechts tot 20 cm diepte, werden bemonsterd, wezen ook op het grote vochtverlies (in dit geval 25 mm over een diepte van slechts 20 cm) in het voorjaar (tabel 32). Ook de standaardplekken op Schouwen-Duiveland vertoonden een tendens in deze richting, want een vroeg bemonsterde groep (bemonsterd in de

TABEL 32. Monsterplekken, Walcheren, 1946. Veranderingen in het vocht- en zoutgehalte in de bouwvoor van 40 monsterplekken gedurende de zomer.

Tijdstip van bemonstering	Begin Maart	Half Mei	Begin September	Begin Maart	Half Mei	Begin September
Laag in cm	A-cijfers			B-cijfers		
0-5	35,5	20,3	22,6	0,03	0,10	0,07
5-20	28,3	21,9	21,4	0,10	0,11	0,10
Layer in cm	A-figures			B-figures		
Period of sampling	Beginning of March	Half of May	Beginning of September	Beginning of March	Half of May	Beginning of September

TABLE 32. Sampling spots, Walcheren, 1946. Changes in moisture- and salt content of the furrow slice during the summer. Mean values of 40 sampling spots.

tweede week van Maart) vertoonde een grotere indroging dan een eind Maart bemonsterde groep, ware het dat in dit geval het verschil niet helemaal reëel was.

Voor de standaardplekken gelegen buiten Overflakkee gold dat het vochtverlies (waarvan ongetwijfeld weer een deel voor rekening kwam van uitzakking) weliswaar sterk varieerde maar dat het gemiddeld niet groot was; het bedroeg over een profiel van 80 cm diepte ongeveer 40 mm. De oorzaken van deze variatie waren niet altijd duidelijk. Om te beginnen was het totale vochtverlies niet groot. Hierdoor kon een eventuele regenval kort voor de bemonstering een vrij grote invloed uitoefenen. Een invloed van de aard van het gewas of van de opbrengst van het gewas kon niet worden geconstateerd. Nu was dit ook niet te verwachten, daar de Augustusregens – blijkens de ervaring op de verdampingsproefvelden – waarschijnlijk de verschillen, zo die er al mochten zijn, wel sterk hadden verminderd. Een verschil in indroging op verschillende bodemtypen kon ook niet worden geconstateerd. Gegevens uit een ander onderzoek verkregen maakten het wel waarschijnlijk, dat gronden waarop een overjarig gewas groeide, iets droger de winter zijn ingegaan dan ze eind Augustus waren. Een viertal lucernepercelen op Walcheren droogden tussen 19 September en 21 October gemiddeld nog een kleine 20 mm in.

De variatie in capillaire opstijging was nog aanmerkelijk groter dan de schommeling in het vochtverlies. De grootste groep plekken gedroeg zich zoals de verdampingsproefvelden op Schouwen-Duiveland. Daar was op de begroeide veldjes een opstijging van ± 30 mm gemeten tot eind Juli, waarna de toestand tot eind Augustus vrijwel stationair bleef. Op de meeste standaardplekken week de capillaire opstijging niet ver van deze 30 mm af. Enige laat bemonsterde standaardplekken op Goeree-Overflakkee en enige proefvelden op Walcheren (opgezet ten behoeve van een onderzoek naar de betrouwbaarheid der bemonstering), die eveneens zeer laat waren aangelegd, hadden de reeds vaker gememoreerde en in de tabellen 31 en 32 weergegeven capillaire opstijging in het voorjaar gemist en vertoonden zelfs een lichte ontziltiging. Trouwens op vele standaardplekken kwam de verziltiging voor rekening van de bovenste lagen en vertoonde het profiel onderin enig zoutverlies, vermoedelijk ten dele toe te schrijven aan uitzakking.

Maar naast deze grote groep standaardplekken waren er een aantal, die – evenals in andere jaren – een sterke capillaire opstijging vertoonden, tot 150 mm toe.

Na hetgeen hierboven is gezegd over de variatie in indroging en in capillaire opstijging, kan het geen verbazing meer wekken dat het totale vochtverbruik omgerekend per dag ook zeer sterk wisselde. Op „normale” standaardplekken – hieronder dan in dit geval te verstaan plekken met een bemonstering ongeveer eind Maart, gelegen in een gebied met een regenhoeveelheid en – verdeling als op Schouwen-Duiveland en op niet sterk „opgevende” gronden – was het totale vochtverbruik (2,3 mm per dag) lager dan dat van de wintertarweproefveldjes. Op plekken met een zeer sterke capillaire opstijging kon deze waarde tot boven 3 stijgen, terwijl op plekken met een lage regenval of een ongunstige bemonsteringsperiode de dagelijkse verdamping tot even beneden 2 mm daalde.

De oorzaken van deze variatie in totaal vochtverbruik waren dezelfde als voor de indroging, plus de schommelingen in capillaire opstijging. Ook de verschillen in regen-

val (welke verschillen voor de verschillende plekken tot $\pm 0,5$ mm per dag konden bedragen) hadden een merkbaar effect op het dagelijks vochtverbruik. Al deze factoren speelden dooreen en zo kon een flinke capillaire opstijging worden gecompenseerd door een lage regenval, met als eindresultaat een totaal vochtverbruik, dat niet van het gemiddelde afweek. Van verschillen in vochtgebruik tussen de diverse gewassen was – waarschijnlijk door de reeds eerder vermelde late eindbemonstering – niets te merken. Wel werd de indruk gewekt, dat het waterverbruik van een gewas – bij eenzelfde opbrengst – sterk afhangt van de hoeveelheid water, die gemakkelijk opneembaar is. Gemiddeld werd 83 % van het verdampte water geleverd door de regenval, maar plek voor plek varieerde het aandeel van de regenval in het totale vochtverbruik van 70 % tot 100 %. Behalve met de capillaire opstijging en de – soms onverklaarbare – verschillen in indroging, hingen deze percentages enigszins samen met de bemonsteringsdata. Op de begroeide verdampingsproefvelden bedroeg het aandeel van de regen in de verdamping omstreeks eind Juli 70 %, een maand later was het gestegen tot 83 %.

De waarnemingen op de onbegroeide standaardplekken en andere proefterreinen op Walcheren, Schouwen-Duiveland en Zuidbeveland leverden, vergeleken bij de reeds beschreven verdampingsproefvelden, weinig nieuws op. De indroging was gering en het zoutverlies, hoewel onmiskenbaar aanwezig, was meestal ook niet groot. Tot eind Juli kwam de ontzilting voor rekening van de dieper gelegen lagen. In de bovenste 20 cm trad meestentijds verzilting op. In Augustus verminderde de indroging en ontzilte ook de toplaag enigszins. In begin September werd de bovengrond – blijkens een onderzoek aan 39 plekken in de Oost-Bevelandpolder – nog wel iets vochtiger zonder dat nochtans een merkbare ontzilting optrad, waarna in October zowel een hernieuwde indroging als een hernieuwde capillaire opstijging plaats vond, zij het dat beide klein waren.

Ten slotte werd getracht de verdamping per dag te meten in de bovenste centimeters van de grond. Op 6 Mei werden daartoe in de Oost-Bevelandpolder 2 plekken bemonsterd omstreeks 9,45 uur en om 17,00 uur. Voor elke bemonstering werden 10 boringen genomen en deze boringen werden afzonderlijk geanalyseerd. De Oost-Bevelandpolder liep tengevolge van een dijkval bij elke vloed onder en de vochtverlies van 0,5 mm ($\pm 0,17$) en geen capillaire opstijging, een laaggelegen zavelgrond geen indroging maar een capillaire opstijging van ongeveer 3,6 mm. Alles berekend voor de laag 0–3 cm. Op 1 en 3 Juli werden deze bemonsteringen herhaald op een vrij groot aantal plekken in de Zuidwatering op Walcheren. Deze bemonsteringen gaven volkomen onverklaarbare resultaten. Jammer genoeg waren in dit geval van de boringen mengmonsters gemaakt, zodat niet kon worden nagegaan of de tegenstrijdige resultaten het gevolg waren van grote variaties in zout- en vochtgehalte in de bovenste 20 cm. Mogelijk was dit wel, want bij verschillende andere bemonsteringen is gebleken, dat de fout van de bemonstering in de bouwvoor groter is dan dieper in het profiel.

Ruw geschat bedroeg op begroeide terreinen of terreinen die een gewas hadden gedragen, in de laatste week van Augustus het vochtdeficit over een profiel van 80 cm – vergeleken bij de toestand van ongeveer half Maart – niet meer dan 40 à 50 mm; op kale gronden niet meer dan de helft hiervan. Tevens bleek dat de indroging van de laag 60–80 cm zo gering was, dat het vochtverlies beneden 80 cm niet meer dan enkele millimeters kan zijn geweest. De capillaire aanvoer van zout water bedroeg op begroeide gronden – onder aftrek van eventuele uitzakking – normaliter ook slechts enkele tientallen millimeters, maar kon stijgen tot ± 150 mm op sterk opgevende gronden. De onderzochte kale plekken lagen geen van allen op gronden met een sterke capillaire opstijging. Ze vertoonden zonder uitzondering een kleine neerwaartse waterpassage

(20 à 30 mm). Op de geschoffelde proefveldjes was de ontziltng groter en bedroeg bijna 50 mm.

4. WAARNEMINGEN VERRICHT GEDURENDE DE ZOMER VAN 1947

Het onderzoek naar het zout- en vochtregime van geïnundeerde gronden gedurende de zomermaanden werd ook in 1947 voortgezet. Het systeem van speciale verdampingsproefvelden was in 1946 aanbevelenswaardig gebleken en zo werden wederom 16 van zulke proefvelden aangelegd, ditmaal allen op Walcheren gelegen en wel in de Zuidwatering. De bemonstering der standaardplekken vond voortgang. Er waren enkele plekken bijgekomen, andere waren afgefallen, zodat in totaal 69 standaardplekken ter beschikking stonden voor verwerking. Ter bestudering van de waarde der cijfers werden enkele standaardplekken in vijfvoud bemonsterd. Om het verloop van het zout- en vochtgehalte gedurende het groeiseizoen der gewassen wat nader te kunnen analyseren werd een aantal standaardplekken behalve in voor- en najaar ook gedurende de zomer enige malen bemonsterd. Van de bemonsteringen, die voor andere doeleinden waren uitgevoerd, maar waarvan de bemonsteringsdata gunstig lagen, kwamen nog voor verwerking in aanmerking 6 ontwateringsproefvelden, 12 gipsproefvelden en 16 slechte plekken in gewassen. Bij deze laatste groep werd ter vergelijking de grond onder het goedgegroeide gewas in de naaste omgeving van de slechte plek eveneens bemonsterd.

a. Verdampingsproefvelden

De proefvelden werden op dezelfde wijze aangelegd als in 1946: Veldjes in duplo ter grootte van 1 are, waarvan een randstrook van 1 meter breedte niet werd meebemonsterd. In tegenstelling met de werkwijze in 1946 werden de bemonsteringen nu uitgevoerd tot een diepte van 1 meter, waardoor de capillaire opstijging in de bovenste 80 cm nauwkeuriger kon worden berekend. Op zes proefvelden werd vergeleken winter-tarwe met onbegroeid. Deze proefvelden werden bemonsterd omstreeks 1 Mei, in de eerste week van Juni, rond 1 Juli en in de laatste week van Juli. Eveneens zes proefvelden werden gekozen voor de vergelijking tussen zomergerst en onbegroeid. Deze velden werden aangelegd op 20 en 21 Mei. De volgende bemonsteringen vielen ongeveer half Juni en op 22 en 23 Juli. Een tweetal proefvelden werd uitgezet op in 1946 gezaaid grasland. Op deze proefvelden hadden bemonsteringen plaats op 23 Mei, 24 Juli, 28 Augustus en 21 October. Tenslotte werden twee onbegroeide proefvelden bestemd voor de vergelijking bewerkt – onbewerkt. Eén hiervan viel ten offer aan cultuurtechnische werkzaamheden. Dit was geen groot verlies, want het onbewerkte gedeelte vertoonde een zodanige groei van halophyten, dat het niet als „onbegroeid” kon worden gehandhaafd; bovendien was de ondergrond van het proefveld zeer bont. Het andere proefveld werd bemonsterd op 27 Mei, 19 Juni, 24 Juli en 28 Augustus.

De bontheid van de ondergrond was trouwens op verscheidene proefvelden groter dan op de verdampingsproefveldjes van 1946. Dit werd vermoedelijk veroorzaakt doordat de proeven ten dele op heel andere bodemtypen werden genomen dan in 1946. De lichte hooggelegen stroomruggen, die in 1946 de proefvelden droegen, waren in 1947 zover ontzilt, dat ze voor proefnemingen geen dienst meer konden doen. Daardoor moesten in 1947 de proefvelden worden geprojecteerd op wat lager gelegen gronden, die onderin blijkbaar minder homogeen waren.

De weersgesteldheid in 1947 week sterk van de normale af. Maart en de eerste decade van April waren regenrijk, zodat de voorjaarswerkzaamheden sterk werden ver-

traagd. Hierna volgde een zeer droge zomer. In de maanden April tot en met Augustus waren de gemiddelde maandtemperatuur en de gemiddelde windkracht boven normaal en was de gemiddelde luchtvochtigheid beneden normaal. Vooral in Augustus was de regenval bijzonder laag. Onderstaande tabel 33 geeft een overzicht van de regenval, zoals deze tijdens de waarnemingsperiode op de stations Middelburg en Vlissingen werd genoteerd.

TABEL 33. Walcheren. Neerslag in mm gedurende de zomer van 1947.

Maand	April			Mei			Juni			Juli			Augustus			Totaal
Decade	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Middelburg	31,8	0,0	7,8	20,7	3,2	6,1	12,7	20,3	12,2	15,1	26,1	3,3	9,0	0,1	0,0	168,4
Vlissingen	26,7	0,4	5,7	17,6	4,9	6,1	11,2	13,6	17,9	11,7	38,4	3,2	9,1	0,2	0,0	166,7
Decade	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Month	April			May			June			July			August			Total

TABLE 33. Walcheren. Precipitation in mm during the summer of 1947.

De proefvelden VW 11 tot en met VW 16, waarvan de begroeide veldjes wintertarwe droegen, lagen allen op een profieltype, dat naar beneden toe zwaarder werd. De bouwvoor varieerde van lichte zavel (17 % afslibbare delen) tot zware zavel (35 % afslibbare delen) en de ondergrond van zware zavel tot klei (48 % afslibbare delen). De tarweveldjes verbruikten gedurende de waarnemingsperiode (deze omvatte ruwweg de maanden Mei, Juni en Juli) per dag $2,6 \pm 0,1$ mm water. Dit was dus 0,3 mm lager dan in 1946 voor de wintertarweveldjes op Schouwen-Duiveland gevonden werd, hoewel de waarnemingen toen ongeveer een maand eerder begonnen, een periode waarin het gewas nog slechts weinig vocht gebruikte. Maar in 1946 bedroeg de dagelijkse regenval tijdens de beschouwde periode 2,0 mm daags en in 1947 1,3 mm. Van het vochtverbruik leverde de regenval 52 %, de indroging van de grond 40 % en de capillaire opstijging 8 %. Deze cijfers waren voor de wintertarweproefvelden van 1946 respectievelijk 70 %, 20 % en 10 %. (Zie tabel 34.) In 1946 leverde de grond door indroging in to-

TABEL 34. Verdampingsproefvelden, begroeid met wintertarwe, van 1946 en 1947. Regenval; verdamping uit een laag van 80 cm diepte en herkomst van het verdampte water.

Waarnemingsperiode	Regenval in mm per dag	Verdamping in mm per dag	Hiervan geleverd in procenten door		
			Regenval	Indroging	Cap. opstijging
1946 (April; Mei; Juni; Juli, 1ste helft)	2,0	2,9	70	20	10
1947 (Mei; Juni; Juli)	1,3	2,6	52	40	8
Period of observation	Rainfall in mm/24 hrs	Transpiration in mm/24 hrs	Percentage originating from		
			Rainfall	Loss of water	Cap. rise

¹ Evaporation from soil included.

TABLE 34. Observation fields, sown with winterwheat, 1946 and 1947. Rainfall; evaporation from the upper 80 cm and origin of evaporated water.

taal 63 mm, dat was ongeveer 0,6 mm per dag; in 1947 bedroeg de indroging van de grond 91 mm, hetgeen overeenkwam met 1,0 mm per dag. De wintertarwe heeft in 1947 trouwens wel onder de droogte geleden (vooral het stro bleef kort), hetgeen mogelijk door de korte groeiperiode (de tarwe kwam laat aan de gang door het natte voorjaar) en de hoge gemiddelde temperatuur nog werd verergerd.

Het is nog wel interessant om na te gaan hoe de vochtleverantie door de grond verliep. In de eerste periode (ongeveer de maand Mei) droogde de grond gemiddeld 56 mm in. Dit kwam overeen met een dagleverantie van 1,8 mm; in de tweede periode bedroeg de indroging 37 mm of 1,3 mm daags en in de derde periode (ongeveer de maand Juli) was de indroging tot staan gekomen. De capillaire opstijging – die in Mei en Juni trouwens ook al niet veel betekende – was eveneens gedurende de maand Juli verwaarloosbaar klein. Eén en ander had tengevolge dat de verdamping per dag in de maanden Mei, Juni en Juli respectievelijk 2,9, 2,9 en 1,7 mm bedroeg, waarbij in Juni de regenval extra leverde, wat de indroging vergeleken bij Mei ten achter bleef. Opvallend was, dat de wortels het vocht kennelijk dieper uit de grond hadden weggehaald dan in 1946, zoals tabel 35 aantoont.

TABEL 35. Verdampingsproefvelden, 1946 en 1947. Indroging in mm onder wintertarwe na de winter.

Laag in cm	Lager in cm	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Schouwen-Duiveland, 1946 . . .		15	27	12	8	? ¹
Walcheren, 1947		36	33	26	11	10

¹ Niet bepaald. *Not determined.*

TABLE 35. *Observation fields, 1946 and 1947. Loss of water under autumn-sown wheat after the winter.*

Uit de onbegroeide veldjes verdampte over de maanden Mei, Juni en Juli 1,6 mm per dag. Hiervan werd 82 % geleverd door de regen. De indroging was 36 mm, dat wil zeggen vrijwel evenveel als in 1946 over dezelfde periode op Walcheren. Men krijgt heel sterk de indruk, dat hoe droog de zomer ook is, de indroging van onbegroeide grond gering is. Dit is ook heel verklaarbaar. Als de bovengrond enigermate is ingedroogd, wordt het capillair transport onderbroken en kan het bodemvocht zich alleen nog in dampvorm verplaatsen. De 36 mm vochtverlies kwamen voor de helft voor rekening van de bouwvoor (0-20 cm). En van het vochtverlies onderin moet ongetwijfeld nog een gedeelte zijn veroorzaakt door uitzakking. Tijdens de maand Mei bedroeg het vochtverlies 20 mm, in Juni was het vrijwel even hoog, 19 mm; terwijl in Juli de indroging tot een eindpunt was gekomen en de gronden zelfs iets natter werden.

Ook de studie van de zoutbeweging op de onbegroeide veldjes leverde interessante gegevens. Gedurende de maand Mei werd de bouwvoor iets zouter, maar het zoutverlies onderin overtrof in alle gevallen de zoutwinst bovenin, zodat op alle proefvelden een kleine maar onmiskenbare zoutafvoer (gemiddeld $14 \pm 1,5$ mm) plaats vond. Deze moest gezien de geringe regenval in deze periode (10-32 mm) zeker voor het grootste deel aan uitzakking worden geweten. (Het is zelfs één van de duidelijkste aanwijzingen voor het bestaan van deze uitzakking.) In Juni was de situatie volkomen omgekeerd: behalve op VW 15 trad geen merkbare uitzakking meer op en was overal een duidelijk capillaire opstijging te constateren. In de rond 1 Juli bereikte toestand trad gedurende deze maand geen belangrijke wijziging meer in.

De volgende serie proefvelden, genummerd VW 17 tot en met VW 22 droeg als proefgewas zomergerst. De bemonsteringen hadden plaats op 20/21 Mei, 16/18 Juni en 22/23 Juli. De gerst was zeer matig tot slecht, ook al omdat het merendeel der proefvelden zeer zout was. De bemonsteringen waren vooral onderin niet altijd even betrouwbaar, omdat op enkele proefvelden kennelijk reeds op 60 of 80 cm de zone was bereikt, waar de verziltende invloed van het binnengedrongen zeewater begon te verminderen, hetgeen, zoals in hoofdstuk I werd uiteengezet, de monsterfout ongunstig beïnvloedde. Er zal aan deze proefvelden dan ook niet te veel aandacht worden besteed. VW 17 vertoonde een sterke kwel en haalde daardoor een verdamping van $\pm 3\frac{1}{2}$ mm per dag. Op VW 22 – een proefveld met een zeer laag zoutgehalte – kwam de verdamping tot 2,8 mm. Op de overige proefvelden verdampte de gerst $1,9 \pm 0,15$ mm per dag. Het voornaamste verschil met de tarweproefvelden zit in de geringe indroging. Afgezien van VW 17 en VW 22 bedroeg deze gemiddeld slechts 34 mm of 0,5 mm per dag tegen 1,0 op de wintertarweproefvelden. Dit verschil werd waarschijnlijk voor een deel veroorzaakt door de late aanvang van de gerstproeven op 20 Mei, tegen ± 1 Mei als begindatum voor de tarweproefvelden. Een ruwe berekening aan de hand van een voorberekening van 13 Mei toonde dat tussen 13 en 20 Mei het vochtverbruik hoog is geweest. Vanaf 13 Mei berekend kwam de dagelijkse verdamping iets boven 2,0 mm. Het jonge gewas kon, ondanks het nog geringe bladoppervlak, waarschijnlijk veel verdampen omdat er in de grond nog voldoende vocht beschikbaar was. Anderzijds was de geringe indroging na 20 Mei waarschijnlijk toch ook wel voor een deel toe te schrijven aan het hoge zoutgehalte van de grond, waardoor de wortelgroei vooral in de diepere lagen werd belemmerd (VAN DEN BERG, 1952).

De verdamping uit de bijbehorende onbegroeide veldjes bedroeg $1,6 \pm 0,04$ mm daags, dus evenveel als op de overeenkomstige veldjes van de wintertarweproefvelden. (Hierbij werd VW 17 weer buiten beschouwing gelaten, omdat daar door de sterke capillaire opstijging ook het onbegroeide veldje een veel hogere waarde (2,5 mm) opleverde.) Van deze verdamping werd 94 % geleverd door de regenval; de indroging bedroeg gemiddeld nog geen 20 mm.

De proefvelden VW 23 en VW 24, gelegen op 1 jaar oud grasland, gaven vrijwel identieke cijfers ten aanzien van indroging en totaal vochtverbruik, niettegenstaande het feit dat VW 23 op zware zavel (tot 40 cm een lutumgehalte van ongeveer 14 %) en VW 24 op lichte zavel (tot 40 cm een lutumgehalte van ruim 8 %) lag. Het Augustus-vochtgehalte van VW 23 lag ongeveer op het niveau van het Mei-vochtgehalte van VW 24! Tussen 23 Mei en 24 Juli verdampte het gewas 2,8 mm per dag. Tussen 24 Juli en 28 Augustus 1,4 mm per dag; in totaal over de gehele periode was de verdamping 2,2 mm per dag. Hiervan werd 49 % (107 mm) geleverd door de regen en eveneens 49 % door indroging van de grond. Deze 2,2 mm is enigszins ($\pm 0,2$ mm) te laag, omdat ook de lagen beneden 100 cm, die niet werden bemonsterd, moeten zijn ingedroogd; daarverdamping van het grasland op $\pm 2,5$ mm daags brengen. Dat zo diep uit de grond nog betrekkelijk veel water werd weggehaald was een bewijs voor het feit dat deze 1 jaar oude graslanden tot minstens een meter diepte een behoorlijke worteldichtheid hadden kunnen ontwikkelen. Voor VW 23 verliep de vochtonttrekking uit de verdiepten lagen als volgt: 0–20 cm, 35 mm; 20–40 cm, 23 mm; 40–60 cm, 26 mm; 60–80 cm, 22 mm en 80–100 cm, 13 mm. Een duidelijke afname van de vochtonttrekking met de diepte. VW 24 vertoonde voor dezelfde lagen in dezelfde volgorde een ander

beeld nl. 25 mm, 24 mm, 26 mm, 32 mm, 24 mm. Toch had het grasland ondanks deze diepe beworteling geleden onder de droogte.

Op het laatste proefveld VW 25, gelegen op zware zavel ($\pm 35\%$ afslibbare delen) met een iets lichtere bouwvoor, werd het effect van een herhaalde grondbewerking op de vocht- en zouthuishouding van de grond bestudeerd. Er werd minder vaak geschoffeld dan in 1946, maar het resultaat van deze oppervlakkige bewerking op de verdamping was desalniettemin zeer duidelijk. Tabel 36 geeft hiervan een beeld. De voor kale grond zeer hoge cijfers in de eerste periode werden veroorzaakt door een nogal sterke capillaire opstijging. Zonder deze aanvoer zouden de verdampingscijfers lager en dichter bij elkaar hebben gelegen, nl. 2,3 mm en 2,0 mm per dag, respectievelijk voor de onbewerkte en voor de geschoffelde veldjes. Door een daling van de grondwaterstand zakte zout water uit het profiel, zodat in de tweede periode de onbewerkte veldjes

TABEL 36. Verdampingsproefveld VW 25, Walcheren, 1947. Verdamping in mm per dag uit onbegroeide grond.

Waarnemingsperiode	Regenval in mm per dag	Verdamping in mm per dag	
		Onbewerkte veldjes	Bewerkte veldjes
27-5 tot 19-6	1,3	3,6	2,6
27-5 tot 24-7	1,6	2,5	1,8
27-5 tot 28-8	1,1	1,8	1,2
Period of observation	Rainfall in mm/24 hrs	Untilled plots	Hoed plots
Evaporation in mm/24 hrs			

TABLE 36. Observation field VW 25, Walcheren, 1947. Evaporation in mm/24 hrs from bare soil.

nog slechts een kleine zoutwinst boekten en de bewerkte veldjes al een achteruitgang in zoutgehalte te zien gaven. In de laatste periode overheerste op alle veldjes de uitzakking van zout (aan ontziltling viel bij een totale regenval van 12 mm niet te denken, de zoutafvoer was trouwens meer dan 12 mm). Merkwaardig was wel weer dat de sterkere capillaire opstijging op de onbewerkte veldjes niet heeft voorkomen, dat deze sterker indroogden. Iets soortgelijks werd vermeld voor de onbegroeide standaardplekken in 1945. Overigens was ook hier de totale indroging slechts 39 mm op de onbewerkte veldjes en slechts 28 mm op de geschoffelde veldjes. Wederom een bewijs, dat zelfs in een droge zomer de indroging op kale grond geen hoge waarden bereikt.

b. Standaardplekken

Van de standaardplekken leverden de zes plekken in de Oost-Bevelandpolder het mooiste materiaal. Het waren zes plekken in één polder, zij waren vrijwel tegelijkertijd en op dezelfde wijze bewerkt en alle waren bezaaid met zomergerst waarin lucerne als ondervrucht. Bovendien werden de meeste bemonsteringen uitgevoerd in vijfvoud, zodat zeer betrouwbare gegevens werden verkregen. De lucerne mislukte ten dele (door hitte en vochtgebrek) en kwam voor een ander deel pas in de herfst aan de groei. De bemonsteringen vonden plaats in de eerste helft van Mei (4 plekken), de eerste helft van Juni (alle plekken), de eerste week van Juli, de laatste dagen van Juli en omstreeks 1 September. De plekken OB 13, OB 16, OB 23 en OB 32 gedroegen zich tamelijk

gelijkvormig. OB 3 een hooggelegen lichte grond en OB 10 een laaggelegen plek met een sterke capillaire opstijging weken in gedrag – doch niet in eindresultaat – enigszins af. De verdamping tot het eind van de groeiperiode varieerde weinig plek voor plek en bedroeg gemiddeld $2,6 \pm 0,06$ mm per dag, zowel voor de begin Mei, als voor de begin Juni voor het eerst bemonsterde plekken. Voor de gehele zomer – dus tot begin September – berekend, varieerden de cijfers nog minder en bedroeg de totale verdamping gemiddeld $2,1 \pm 0,05$ mm per dag. De indroging vanaf begin Mei tot September beliep 92–106 mm, behalve op OB 10, waar slechts 45 mm door indroging verdween. Daar was echter de capillaire opstijging meer dan 90 mm, tegen gemiddeld ± 30 mm op de overige plekken. De regen leverde gemiddeld 44 % (43–45 %) van het tijdens de groeiperiode verbruikte vocht. Slechts op de lage plek OB 10 was het aandeel van de regen iets lager, nl. 41 %. Over de gehele zomer gerekend dekte de regen op alle plekken ongeveer 44 % van het vochtverbruik. Van de rest werd zowel tot eind Juli als tot begin September 38 à 39 % door de indroging van de grond en 16 tot 18 % door de capillaire opstijging geleverd. Dit gold niet voor OB 10. Daar lagen de verhoudingen juist vrijwel omgekeerd, nl. 18 % door de indroging van de grond en 39 à 40 % (afhankelijk van de beschouwde periode) door de capillaire opstijging.

Het afwijkende gedrag van OB 3 en OB 10 blijkt duidelijk uit tabel 37. Beide plekken hebben over de periode Juni tot September veel minder vocht geleverd dan de overige plekken. Dit was niet zo vreemd. De zandige plek OB 3 had niet veel meer te leveren, want deze plek was reeds gedurende Mei sterk ingedroogd. OB 10 had in Mei veel water kunnen leveren dank zij de sterke capillaire opstijging. Hierdoor was de plek echter zo zout geworden dat het gewas in de volgende periode weinig water meer onttrok. Over de gehele waarnemingsperiode gerekend was de vochtleverantie van alle plekken vrijwel even hoog.

TABEL 37. Standaardplekken, Oost-Bevelandpolder, 1947. Verschillen in het tempo van vochtleverantie uit de grond.

Nummer van de plek	Totale verdamping in mm van begin Mei tot begin September	Totale verdamping in mm van begin Juni tot begin September	Verdamping in mm per dag van begin Mei tot begin September	Verdamping in mm per dag van begin Juni tot begin September
OB 3	241	121	2,2	1,4
OB 10	250	120	2,0	1,4
OB 13	21	173	2,1	1,8
OB 16	244	166	2,0	2,0
OB 23	21	171	2,1	1,9
OB 32	244	164	2,1	1,9
No. sampling spot	Total transpiration ^a in mm from early May to early September	Total transpiration ^a in mm from early June to early September	Transpiration ^a in mm/24 hrs from early May to early September	Transpiration ^a in mm/24 hrs from early June to early September

^a Niet bemonsterd in Mei. *Not sampled in May.*

^b *Evaporation from soil included.*

TABLE 37. Sampling spots, Oost-Bevelandpolder, 1947. Differences in rate of evaporation from cropped soil.

De gerst in de Oost-Bevelandpolder was gemiddeld wel wat beter dan die op de Walcherse proefvelden. Dit zou het grote verschil in vochtverbruik moeten verklaren (2,6 mm per dag in de O.-Bevelandpolder tegen nog geen 2,0 mm op Walcheren), want andere verklaringen konden niet worden gevonden.

De waarnemingen op de 13 standaardplekken op Walcheren sloten aardig aan bij het tot nu toe behandelde. Zij zullen worden besproken in verband met de gewassen die er op werden geteeld.

Op StW 1 en StW 5 groeiden bieten. Deze plekken werden bemonsterd op 28 April en op 2 September, terwijl nog twee à drie tussenbemonsteringen plaats vonden. De bieten op StW 1 waren maar zeer matig, ze veroorzaakten een indroging van 115 mm en verbruikten tot 25 Juli, zowel als tot 2 September 2,0 mm daags. StW 5, waar de bieten veel beter stonden, toonde een indroging van 142 mm. Hier was de verdamping 2,4 mm per dag voor dezelfde perioden als op StW 1. De regen leverde iets minder dan de helft van de totale verdamping.

StW 3 en StW 8 lagen in grasland. De eerste bemonstering had plaats op 24 April, de laatste op 2 September met een tussenbemonstering in begin Juni. Tot die tijd was op beide plekken de verdamping ongeveer 2,5 mm daags. StW 8 handhaafde deze waarde tot September. Op StW 3 daalde de verdamping sterk, zodat de dagelijkse verdamping van April tot September gemiddeld slechts 1,8 mm was. Het gras kon in deze grond na begin Juni blijkbaar niet genoeg vocht meer bemachtigen. Op 2 September lag dit perceel er dan ook veel slechter bij dan het perceel waarop StW 8 lag. Toch had ook in het eerste geval de grond nog circa 45 % van het verbruikte vocht geleverd.

Een achttal standaardplekken droeg wintertarwe of zomergerst. Hiervan was één standaardplek (StW 14) zeer zout. De plekken werden voor het eerst bemonsterd in de laatste week van April. De eindbemonstering viel op 2 September. Tussen deze data werd een varieerend aantal (een tot drie) tussenbemonsteringen uitgevoerd. In vier gevallen had een tussenbemonstering plaats op het eind van de groeiperiode (25 Juli). Hiervan sloot StW 14 (zomergerst) met een verdamping van 1,8 mm per dag goed aan bij de 1,9 mm van de gerst op de verdampingsproefvelden. De overigen benaderden met 2,4 mm per dag de 2,6 mm van de standaardplekken in de Oost-Bevelandpolder. Ook het aandeel van de regen kwam – zoals kon worden verwacht – behoorlijk overeen, nl. 78 % bij StW 14 (81 % op de proefvelden) en 51 % bij de andere plekken (44 % voor de Oost-Bevelandpolder). Over de gehele zomer, dus tot 2 September, bedroeg de verdamping 1,9 mm per dag, tegen 2,1 in de Oost-Bevelandpolder. Een andere vergelijkbare periode van begin Juni tot eind Juli gaf voor beide gebieden dezelfde verdamping te zien en wel 2,4 mm daags.

Het laatste proefveld StW 10 droeg eerst aardappelen, daarna kool, die veel last van droogte had. De verdamping liep steeds terug zoals uit onderstaande cijferrij blijkt. Van 28 April tot 1 Juli was de verdamping 2,8 mm daags, van 28 April tot 25 Juli 2,0 mm daags en van 28 April tot 2 September 1,7 mm daags.

Op Schouwen-Duiveland lagen 29 standaardplekken. 17 hiervan werden slechts tweemaal bemonsterd, nl. in de tweede week van April en in de eerste helft van September. De overige 12 werden bemonsterd op 29 April en op 22 Augustus of 4 September met bovendien 2 à 3 tussenbemonsteringen. Bij de behandeling van de gevonden gegevens was het nodig de standaardplekken te splitsen in plekken met weinig capillaire opstijging en plekken met een matige tot sterke capillaire opstijging, waarbij die met 50 mm capillaire opstijging en meer tot de laatste categorieën werden gerekend.

De standaardplekken met een geringe capillaire opstijging waarop granen hadden gestaan, vertoonden over de gehele periode genomen een verdamping van 2,0 mm, een voor 1947 normale waarde (2,1 mm in de Oost-Bevelandpolder en 1,9 mm op Walcheren over dezelfde periode). Van deze 2 mm werd ongeveer de helft geleverd door de

regen. De spreiding was vrij groot, 2,2 mm per dag als hoogste en 1,7 mm als laagste, waarbij overigens van een volkomen misgewas (opbrengst 900 kg) kon worden gesproken. De opbrengsten waren trouwens in het algemeen weinig meer dan de helft van een normale oogst. De invloed van de stand van het gewas kwam ook tot uiting op een drietal plekken met bieten. Bij de laatste bemonstering werden de bieten op Dr 1, Bb1 en Z1 geclassificeerd als slecht, matig en goed. De verdamping per dag bedroeg respectievelijk 1,8, 2,1 en 2,4 mm. Het is in zo'n geval natuurlijk moeilijk om uit te maken wat oorzaak en wat gevolg is. Was het vochtverbruik gering omdat het gewas een slechte stand had, of waren de bieten slecht gegroeid omdat de vochtvoorziening grote moeilijkheden gaf? De indroging op deze plekken varieerde van 117 tot 173 mm; de regenval leverde 39 tot 49 % van de totale verdamping.

De plekken, die vier tot vijfmaal werden bemonsterd, lagen ongelukkigerwijze op één na alle op profielen met een sterke capillaire opstijging. Meestal waren dit profielen met veen in de ondergrond, zodat de berekeningen niet tot de normale diepte van 80 cm konden worden opgezet. Bovendien was de grond soms vergraven, hetgeen de homogeniteit van de boringen en daarmee de betrouwbaarheid van de bemonstering niet ten goede kwam. Daar kwam nog bij, dat in deze gevallen aan de berekening van de capillaire opstijging hogere eisen moesten worden gesteld, omdat de capillaire opstijging een belangrijker deel van de totale verdamping leverde dan op niet opgevende gronden. Een andere reden, waardoor sommige berekeningen onnauwkeuriger waren, was, dat het zoutgehalte van het opstijgende water juist door de sterke opstijging nogal wat hoger was geworden gedurende de zomer. Tenslotte was het hoge zoutgehalte van de meeste plekken ook een ongunstige factor, omdat de gewassen daardoor onder abnormale omstandigheden groeiden.

Over het algemeen was bij de plekken met een sterke capillaire opstijging de indroging geringer dan op gronden zonder capillair transport, zodat uiteindelijk het vochtverbruik berekend over de gehele zomer nog vrijwel normaal lag (2,1 mm per dag). Hierbij zijn twee plekken (VB 3 en S 16) met een capillaire opstijging van ongeveer 200 mm buiten beschouwing gelaten. Op deze plekken steeg de totale verdamping tot $\pm 3,2$ mm per dag op VB 3 en tot $\pm 3,0$ mm per dag op S 16. Overigens waren het juist enige plekken met een matige capillaire opstijging die een vochtverbruik toonden hoger dan het gemiddelde, doordat op deze plekken de indroging een normale grootte had bereikt. Misschien had op deze plekken – dank zij de matige capillaire opstijging – de indroging een wat trager verloop gehad, waardoor het wortelstelsel van de gewassen zich gedurende een langere periode kon uitbreiden, hetgeen tenslotte tot een groter vochtverbruik leidde. Was de capillaire opstijging zeer sterk, dan werkte meestal het hoge zoutgehalte van de grond als storende factor op de vochtonttrekking door het gewas. De laagste waarden voor de verdamping per dag 1,8 en 1,9 mm, konden wellicht worden verklaard uit een zeer slechte gewasgroei ten gevolge van zoutschade.

Tot slot is een vergelijking opgezet tussen de verdamping op Schouwen-Duiveland in 1946 en in 1947. Om zoveel mogelijk gelijkwaardige omstandigheden te krijgen zijn uitsluitend plekken gekozen, die granen hadden gedragen en geen of slechts een geringe capillaire opstijging vertoonden. Aan deze eisen voldeden 10 plekken in 1946 en 8 in 1947. De waarnemingen in 1946 begonnen een maand eerder en eindigden enige weken eerder dan in 1947. Hierdoor was de beschouwde periode in 1946 ongeveer een halve week langer dan in 1947. Tabel 38 geeft de resultaten van deze vergelijking.

TABEL 38. Standaardplekken, Schouwen-Duiveland, 1946 en 1947. Verdamping op plekken, die granen droegen en geen belangrijke capillaire opstijging vertoonden.

Jaar	Waarnemings- periode in dagen	Neerslag in mm	Totale verdamping in mm	Neerslag in % van de verdamping	Indroging van de grond in mm	Capillaire opstijging in mm	Verdamping in mm per dag
1946	154	336	372	90	35	1	2,4
1947	150	149	297	50	146	2	2,0

Year	Period of observation in days	Precipitation in mm	Total transpiration ¹ in mm	Precipitation in % of transpiration ¹	Loss of water from the soil in mm	Capillary rise in mm	Transpiration ¹ in mm/24 hrs
------	-------------------------------------	------------------------	--	--	---	-------------------------	--

¹ Evaporation from soil included.TABLE 38. *Sampling spots, Schouwen-Duiveland, 1946 and 1947. Transpiration by small grains on soils without notable capillary rise.*

Uit de tabel blijkt dat de neerslag in 1947 bijna 190 mm kleiner was dan in 1946; de totale verdamping was echter in eerstgenoemd jaar slechts 75 mm kleiner. Het grote tekort aan neerslag in 1947 was dus voor ongeveer 60 % opgevangen door een extra leverantie van water uit de vochtvoorraad van de grond.

Na de uitvoerige beschouwingen over de standaardplekken in de Oost-Beveland-polder, op Walcheren en op Schouwen-Duiveland kunnen de waarnemingen op de overige standaardplekken kort worden gememoreerd. Het betrof vier plekken op Tholen, vier op Zuidbeveland en zeven op Flakkee. De waarnemingsperioden lagen soms iets anders dan van de tot nu toe behandelde plekken, de regenval was meestal wat hoger dan voor de Walcherse plekken en de berekening van de capillaire opstijging was niet altijd met voldoende nauwkeurigheid uit te voeren, omdat de gronden soms reeds zeer ver waren ontzilt.

Het vochtverbruik op Tholen lag voor alle plekken wat hoger dan voor de standaardplekken op Walcheren, ten gevolge van een sterkere indroging. Mogelijk konden de planten in deze ver ontzilde gronden een groter wortelstelsel ontwikkelen. De waarnemingsperiode liep van 9 April tot 19 Augustus. Sc 1 (grasland) lag met een vochtverbruik van 2,6 mm per dag iets boven de vergelijkbare VW 23 en VW 24 met 2,4 mm elk en StW 8 met 2,5 mm. Evenals op StW 8 leverde de regen ongeveer 40 % van het vochtverbruik. De rest, ruim 200 mm, werd geleverd door indroging van de grond. Op Ov 1 (lucerne) en Su 1 (aardappelen) leverde de regen ruwweg 50 % van de dagelijkse verdamping. Deze bedroeg 2,2 mm voor Ov 1 en 2,0 mm voor Su 1. Vo 1 (haver) leverde dank zij een vrij sterke capillaire opstijging voor de verdamping de hoge waarde van 2,7 mm per dag.

Op Zuidbeveland kwamen Im 1 (haver) en Im 2 en H1 (graslanden) tot verdampingscijfers van 2,7 tot 3,2 mm daags. Ten gevolge van de aard der profielen op deze plekken waren de gevonden cijfers niet erg betrouwbaar.

De pas ingeplante boomgaard (op zwart gehouden grond) op H 6 vertoonde met een verdamping van 1,8 mm per dag een waarde die slechts weinig hoger lag dan voor vergelijkbare geheel kale gronden.

Vijf plekken op Flakkee gaven over de periode van 15 April tot 10 September een dagelijkse verdamping te zien van 2,3 tot 2,5 mm. De capillaire opstijging was in het algemeen matig, behalve op de zesde plek die dan ook door de sterke capillaire opstijging een dagelijkse verdamping van 2,7 mm haalde.

Van een zestal standaardplekken aangelegd voor een onderzoek op uitwisselbare kationen werd ook de verdamping berekend. De cijfers waren zo in overeenstemming met de reeds vermelde, dat een verdere bespreking ervan overbodig is.

c. Diversen

In de eerste plaats werden alle gipsproefvelden onderzocht op mogelijkheden voor het opzetten van verdampingsberekeningen. De meeste proefvelden vielen af doordat ze slechts tot een diepte van 20 cm waren bemonsterd. Er bleven twaalf proefvelden over, waarvan een aantal zo ver was ontzilt, dat geen zoutbepalingen meer waren verricht. De verdamping op de overige proefvelden gaf geen aanleiding tot commentaar. Toch leverde de bestudering van de cijfers nog iets op. Op de meeste proefvelden bleek namelijk de indroging op de veldjes die in 1945 of in 1946 12 ton gips hadden ontvangen, wat groter te zijn dan op de onbegipste veldjes. Het verschil was evenwel gering (13 ± 3 mm). Nu bleken de begipste veldjes in het voorjaar ook iets vochtiger te zijn geweest ($7 \pm 2,4$ mm). Of het verschil in vochtleverantie tussen begipste en niet begipste veldjes groter was dan dit in de begipste veldjes in het voorjaar aanwezige surplus, kon niet worden vastgesteld.

Het verband tussen voorjaarsvochtgehalte en indroging kwam duidelijker naar voren op een ander proefveld, namelijk SM 2. Op dit proefveld kon een vergelijking worden gemaakt tussen 6 veldjes, die met verschillende structuurverbeterende middelen waren behandeld. De veldjes, waarvan de structuur niet of nauwelijks was verbeterd, vertoonden, berekend voor de laag 0-40 cm (er werd niet dieper bemonsterd), een voorjaarsvochtvoorraad van gemiddeld 142 mm en een indroging gedurende de zomer van gemiddeld 55 mm. Voor de veldjes die wel structuurverbetering te zien gaven bedroegen

FIG. 10. Gipsproefvelden, 1946 en 1947. Vochtgehalten in de herfst van 1946 en in het voorjaar en de herfst van 1947 van de veldjes behandeld met 12 ton gips/ha.

- I A-cijfers in het voorjaar van 1947.
- II A-cijfers in de herfst van 1946.
- III A-cijfers in de herfst van 1947.

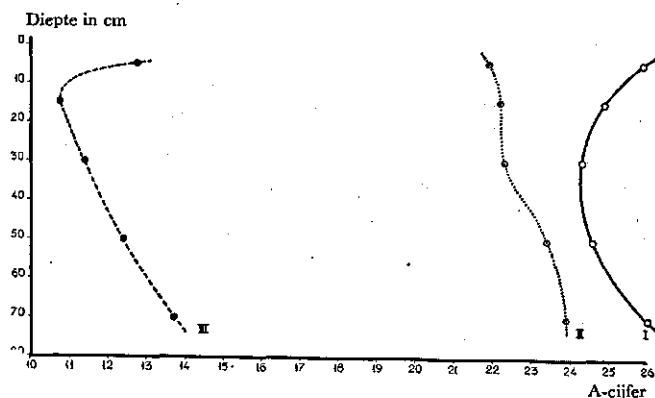


FIG. 10. Experimental fields treated with gypsum, 1946 and 1947. A-figures in autumn 1946 and in spring and autumn 1947 of plots treated with 12 tons/ha of gypsum.

- I A-figures in spring 1947.
- II A-figures in autumn 1946.
- III A-figures in autumn 1947.

deze cijfers respectievelijk 122 mm en 29 mm. Uit deze gegevens volgde dat de veldjes die in het voorjaar het natst waren, gedurende de zomer het sterkst indroogden. Bovendien kon worden berekend dat de vochtvoorraad in de herfst voor de beide groepen veldjes praktisch gelijk was (respectievelijk gemiddeld 87 en 93 mm).

Overigens boden de intensief bemonsterde gipsproefvelden een goede gelegenheid om eens na te gaan met welk vochtgehalte de grond in 1947 in het algemeen de winter inging. Hiertoe werd van zeven daarvoor in aanmerking komende gipsproefvelden in fig. 10 het gemiddelde vochtgehalte uitgezet, zoals dit bij de herfstbemonstering (die tussen half September en half October plaats vond) werd gevonden op de met 12 ton gips bemeste veldjes. Als vergelijking werden in de grafiek opgenomen de gegevens van herfst 1946 (zelfde bemonsteringsperiode) en van voorjaar 1947 (bemonstering omstreeks 1 April). Een korte berekening leerde dat slechts 22 mm nodig was om de vochtvoorraad van herfst 1946 aan te vullen tot die van voorjaar 1947. Na de droge zomer van 1947 zou 144 mm nodig zijn om weer op het uitgangsvochtgehalte terug te komen. De merkwaardige vorm van de voorjaarsvochtkromme wordt later (pag. 163) uitvoerig besproken. In de herfst van 1947 was ten tijde van de bemonstering de herbevochtiging van de bovenste 10 cm kennelijk al begonnen.

Een andere groep proefvelden, waarvan de gegevens werden bestudeerd, omvatte vijf ontwateringsproefvelden. Zij werden bemonsterd tussen 21 Maart en 2 April en in de tweede helft van September; zij leverden in totaal 51 monsterplekken. De capillaire opstijging op deze proefterreinen was in het algemeen gering en de indroging van de grond vertoonde waarden die voor 1947 normaal waren. Toch leverden ook deze proefvelden een merkwaardigheid op en wel dat de indroging in de drainsleuven vrijwel zonder uitzondering groter was dan midden op de akkers. Ook in dit geval was er een positief verband tussen de voorjaarsvochtgehalten en de indroging. De proefvelden zullen stuk voor stuk even worden besproken (voor een uitvoerige beschrijving van deze proefvelden zie hoofdstuk III).

OW 1. Het verschil in voorjaarsvochtgehalte tussen de drainsleuven en de middens van de akkers bedroeg 31 mm. De indroging in de drainsleuven en midden op de akker was precies gelijk, nl. 130 mm. De capillaire opstijging daarentegen was in de drainsleuven 36 mm groter, of de uitzakking geringer. Welk van deze twee verschijnselen het verschil had veroorzaakt, was niet te constateren, omdat alle plekken bovenin waren verzilt, maar onderin zout hadden verloren. Er was slechts één drainsleuf (van de drie), die een aanmerkelijk hogere indroging vertoonde dan de naastliggende akker. Deze drainsleuf leverde de enige serie plekken waar de capillaire opstijging de uitzakking overtrof, zodat hier de totale verdamping die van alle akkermiddens ver te boven ging.

OW 3. Het vochtverlies boven de drain was wat hoger dan op de middens van de akkers (één afwijkend akkermidden uitgezonderd). Ook het vochtgehalte in het voorjaar was boven de drain wat hoger. De afwijkende plek, die in de wintermaanden al was opgevallen door hoge grondwaterstanden gepaard met een goede ontzilting, vertoonde in het voorjaar hoge A-cijfers. Niet alleen de indroging, maar ook de capillaire opstijging was op deze plek zeer groot. Dit deed de vraag rijzen of het capillair transport soms meer afhing van het vochtgehalte van de grond dan van het al of niet vergraven zijn van de grond.

OW 5. Ook hier een grotere indroging van de drainsleuven, die ook weer een hoger voorjaarsvochtgehalte vertoonden. De verschillen in verdamping tussen de drainsleuven enerzijds en de middens van de akkers anderzijds waren tengevolge van een sterkere capillaire opstijging in de drainsleuven groter en betrouwbaarder dan de verschillen in indroging. Het gemiddelde verschil in voorjaarsvochtgehalte tussen de drainsleuven en de akkermiddens bedroeg 61 mm en het verschil in indroging 37 mm, maar het verschil tussen deze beide grootheden was door de grote fouten van beide cijfers niet reëel. Er kon dus niet worden vastgesteld of de indroging kleiner was geweest dan het in het voorjaar aanwezige vochtsurplus.

OW 7. Dit was wel één van de markantste proefvelden. De drainsleuven hadden in het voorjaar on-

geveer 44 mm meer vocht. De indroging was er 64 mm hoger en de verdamping 103 mm (met de laag 80–100 cm meegerekend zelfs 120 mm). Wat op enkele andere proefvelden ook al was gebleken, nl. dat ook de laag 80–100 cm nogal wat vocht leverde (zelfs 100–120 heeft vermoedelijk nog wel enige indroging geboekt), was hier al heel duidelijk. Juist in de drainsleuven, waar het gewas toch al meer vocht had verbruikt, was de vochtonttrekking aan de laag 80–100 cm groter dan op de akkermiddens.

OW 10. Op dit proefveld lagen drie drainreeksen. De buitenste waren diepgelegen, terwijl de middelste hoger lag en bedoeld was om in zeer natte tijden als overloop dienst te doen. De voorjaarsvochtvoorraad was 368 mm in de lage drainsleuven, 303 mm in de hoge en 287 op de middens van de akkers. De indroging bedroeg in dezelfde volgorde 185, 129 en 109 mm, zodat de vochtvoorraad in de herfst overal vrijwel gelijk was. De totale verdamping, weer in dezelfde volgorde, was – afgezien van de regenval die toch voor alle plekken gelijk was – 228, 115 en 130 mm. De capillaire opstijging in de diepgelegen drainsleuven was dus groter dan op de middens der akkers. De hooggelegen drainsleuf bleef ineens ver achter, omdat in deze sleuf deze uitzakking de capillaire opstijging overtrof. Dit was niet zo vreemd. Zodra de hogergelegen drain geen dienst meer deed, fungeerde deze drainsleuf als akkermidden. De kans op een hoge grondwaterstand in het voorjaar – en dus ook op een grote uitzakking – was daar ter plaatse dan het grootst.

De voornaamste gegevens over de verrichte berekeningen zijn in tabel 39 samengevat. De tabel toont aan, dat weliswaar de verschillen in vele gevallen niet reëel waren, maar dat ze wel altijd in de goede richting lagen.

TABEL 39. Ontwateringsproefvelden, Walcheren, zomer 1947. Verschillen in voorjaarsvochtvoorraad, indroging en verdamping tussen de drainsleuven en de middens der akkers.

No. van het proefveld	Gemiddelde verschillen ¹ in voorjaarsvochtvoorraad in mm	Gemiddelde verschillen ¹ in indroging in mm	Gemiddelde verschillen ¹ in verdamping in mm ²	Observation field
OW ₁ OW ₁ (alleen 1ste drain met naastliggende akker)	31 ± 10,6 44 ± 10,7	0 21 ± 10,8	36 ± 21,7 113 ± 24,0	OW ₁ OW ₁ (only 1st drain with catchment area)
OW ₃ OW ₃ (zonder afwijkende plek)	13 ± 9,6 16 ± 9,3	11 ± 15,0 21 ± 15,0	21 ± 18,7 39 ± 7,1	OW ₃ OW ₃ (one deviating spot omitted)
OW ₅	61 ± 14,5	37 ± 12,8	49 ± 10,5	OW ₅
OW ₇ OW ₇ (vochtvoorraad 80–100 cm meegeteld)	44 ± 16,3 56 ± 19,4	64 ± 11,1	103 ± 14,9 120 ± 29,0	OW ₇ OW ₇ (moisture content 80–100 cm included)
OW ₁₀ (diepgelegen drain) OW ₁₀ (ondiepe drain)	81 ± 5,2 16 ± 4,2	76 ± 6,8 20 ± 7,4	98 ± 14,5 –15 ± 6,5	OW ₁₀ (deep tile drain) OW ₁₀ (shallow tile drain)
	Mean differences ³ in moisture content in spring	Mean differences ³ in loss of water	Mean differences ³ in transpiration ³	

¹ Tussen de drainsleuven en de akkermiddens.

² Between soil above and under tile drains and soil midway between them.

³ Evaporation from soil included.

TABLE 39. Observation fields, Walcheren, summer 1947. Differences between water relationships of the soil above the tile drains and the soil midway between them.

Na de korte bespreking van de proefvelden afzonderlijk mogen hier nog enkele algemene beschouwingen volgen. Het is uit de praktijk bekend dat de drainsleuven een bijzondere positie innemen op de akker. Bij het herleggen van drains kan herhaaldelijk worden geconstateerd, dat drainsleuven zich, ook na tientallen jaren, in het profiel tegen de omgeving aftekenen door een lossere structuur van de grond (men zie ook FAUSER, 1935). In droge jaren staan de gewassen boven de drainsleuf op gronden met een profiel van zavel op zand aanmerkelijk beter dan op het niet vergraven gedeelte van de akker. Vaak is op dergelijke gronden het hele patroon van de drainage uit de stand van het gewas af te lezen. (Merkwaardig genoeg lagen de hierboven besproken proefvelden alle op vrij zware tot zware grond.) Tenslotte blijkt de beworteling vaak intensiever te zijn in de drainsleuven dan ernaast. De betere stand der gewassen in droge jaren wijst op een gunstiger vochtvoorziening. Deze conclusie wordt gerechtvaardigd door de zojuist besproken waarnemingen.

Deze betere vochtvoorziening is niet zo bevreemdend, omdat niet alleen de structuur van de grond in de drainsleuf anders is dan van de grond midden op de akker, maar bovendien kan onderin de drainsleuf het slibgehalte en/of het humusgehalte hoger zijn dan op gelijke diepte midden op de akker, omdat bij het opvullen van de drainsleuf altijd wel wat bovengrond onderin de sleuf terecht komt. Er waren geen aanwijzingen dat de door het gewas in de drainsleuven veroorzaakte grotere indroging uitgaat boven de hoeveelheid vocht die in het voorjaar extra aanwezig is. Wel verhoogde de diepere beworteling in de drainsleuven de kans op vochttransport naar de bewortelde zone door capillaire opstijging van water uit de diepere ondergrond. Deze waarneming is wel van belang, omdat hieruit volgt dat een vergroting van de bewortelde laag niet alleen een vergroting van de voor de plant beschikbare vochtvoorraad betekent, maar in sommige gevallen ook een verhoogde watertoevoer uit de ondergrond kan meebrengen. In 1947 was de betere stand der gewassen boven de drains op vele plaatsen zichtbaar. Behalve door de droge zomer werd dit plaatselijk ook veroorzaakt door de betere ontzilting boven de drainreeksen. Bij de besproken proefvelden waren alleen op OW 7 de drainsleuven zeer veel beter ontzilt dan de middens der akkers, maar bijvoorbeeld op OW 10 kan het verschil in ontzilting zeker geen rol hebben gespeeld.

Door bijzondere omstandigheden waren in 1945 op Tholen de drainagesystemen ook heel goed zichtbaar. Tengevolge van een zeer ruime stikstofvoorziening – veroorzaakt door de inundatie – waren de granen bijzonder geil gegroeid. Boven de drains was de combinatie van veel vocht en veel stikstof blijkaar teveel geweest, zodat de drainreeksen kenbaar waren aan de banen gelegerd graan.

Tenslotte moeten nog enkele woorden worden gewijd aan een onderzoek dat werd ingesteld om de verschillen in capillaire opstijging en verdamping op korte afstand na te gaan. Hiertoe werden op een zestiental percelen op Walcheren, Zuidbeveland, Tholen en Schouwen-Duiveland plekken uitgezocht waar het gewas ten gevolge van hoge C-cijfers ter plaatse een slechte stand had. Deze plekken werden bemonsterd, terwijl tevens dicht in de buurt de grond onder het normale gewas werd bemonsterd. De eerste bemonstering vond plaats eind Mei of begin Juni, de eindbemonstering in de tweede helft van Augustus. Op een aantal plekken was de slechte stand van het gewas kennelijk veroorzaakt door een slechte ontzilting in de voorafgaande winter of door capillaire opstijging vóór Juni. Op deze plekken werd nl. tijdens de vermelde periode geen of slechts een gering capillair transport waargenomen. Op de overige plekken traden inderdaad grote verschillen in capillaire opstijging op, tot 150 mm; soms op afstanden van nog geen 20 meter! Ten aanzien van de verdamping waren weinig conclu-

sies te trekken. Meestal was op de plekken met een sterke capillaire opstijging de verdamping aanmerkelijk hoger dan in de omgeving. Op de overige plekken was soms het vochtverlies onder het goede gewas, soms onder het slechte gewas hoger en in vele gevallen was er geen verschil. Dit was niet verwonderlijk, omdat er zoveel factoren verschilden dat de combinatie hiervan vele mogelijkheden openliet. De stand van het gewas en daarmee het verdampend bladoppervlak verschilden. De verschillen in zoutgehalte konden de wateropname door het gewas hebben beïnvloed. Tenslotte was op vele slechte plekken het vochtgehalte van de grond zoveel hoger dan op de goede plekken, dat er ongetwijfeld sprake moest zijn van verschil in grondsoort.

Deze variatie in bodentypen op korte afstand is in Zeeland, althans in de oude polders, niet ongevoelen. Dat deze verschillen juist na een inundatie soms fraai aan het licht komen, bleek in 1947 nog eens op een perceel bieten in de polder Schouwen even buiten Zierikzee. De bieten hadden een behoorlijke stand, maar door het perceel liep, scherp afgescheiden, een kronkelende strook waarop de bieten in een zeer vroeg stadium waren afgestorven. Ir S. F. KUIPERS, destijds verbonden aan de Stichting voor Bodemkartering, constateerde dat deze baan een met zandig materiaal gevulde kreekbedding was, waarin vermoedelijk kwel optrad. Een onderzoek van het zoutgehalte van de grond in en naast de kreek bevestigde dit vermoeden.

Resumerend kan worden geconstateerd, dat in 1947 op begroeide terreinen (afgezien van gebieden met een sterke capillaire opstijging) de indroging, berekend over een profiel tot 80 cm veelal 100 mm of meer (tot 200 mm toe) heeft bedragen. De totale verdamping bedroeg over de gehele zomer berekend 2,0 à 2,4 mm per dag (enige zeer zoute percelen of percelen met een zeer slecht gewas daargelaten), waarvan de regenval – die ongeveer half zo groot was als normaal – 45 à 55 % leverde. In enkele gevallen was de indroging zo sterk, dat de verdamping tot 2,5 à 2,7 mm per dag steeg. Over de periode vanaf voorjaar tot eind Juli was de verdamping per dag in elk geval hoger dan over de periode vanaf voorjaar tot eind Augustus. Tot eind Juli werden voor de verdamping per dag waarden gevonden van 2,6 à 2,9 mm. Op gronden met een sterke capillaire opstijging was de indroging gemeenlijk geringer. De capillaire opstijging bedroeg meestal niet meer dan enige tientallen millimeters, maar kon in enkele gevallen tot ongeveer 250 mm klimmen. Op dergelijke plekken kon de dagelijkse verdamping waarden bereiken tot bijna 4 mm (over kortere perioden soms nog meer). De indroging van onbegroeide gronden was ook in deze droge zomer gering; niet meer dan 40 mm. Afgezien van enige uitzakking van bodemvocht traden geen zoutverliezen in deze gronden op. Het verlagend effect van een herhaaldelijk toegepast oppervlakkige bewerking van onbegroeide grond op de verdamping was ook in 1947 onmiskenbaar. Dit effect werd niet zozeer veroorzaakt door een vermindering van de indroging als wel door een belemmering van de capillaire opstijging.

5. WAARNEMINGEN VERRICHT GEDURENDE DE ZOMER VAN 1948

Hoewel ook in 1948 de zomerwaarnemingen voortgang vonden, werd het onderzoek belemmerd door de inmiddels op vele plaatsen ver voortgeschreden ontziltling. Zo moest een aantal standaardplekken uitvallen, omdat – door de lage zoutgehalten – de berekeningen betreffende de zoutbeweging niet meer met voldoende nauwkeurigheid konden worden uitgevoerd. Anderzijds deed, voorzover zeer zoute terreinen in het onderzoek werden betrokken, de ongelijkmatigheid van deze velden zich veelal als een bezwaar voelen.

Er werd een achttal verdampingsproefvelden aangelegd in de Zuidwatering op Wal-

cheren, teneinde de invloed van een herhaaldelijk losmaken van de bovengrond op het vocht- en zoutregime van de grond na te gaan. Het aantal standaardplekken werd ingekrompen tot 53. Ondanks deze beperking werden er tijdens het verwerken nog enige geschrapt wegens de te lage zoutgehalten. Voorts werden evenals in 1947 de bemonsteringen van de ontwateringsproefvelden in het onderzoek betrokken. De in 1947 aangetroffen bemonstering van goede en slechte plekken werd voortgezet. Tenslotte werd – ondanks het geringe succes in 1946 – nogmaals getracht de verdamping over zeer korte perioden te meten.

Doordat de omstandigheden een limiet stelden aan het aantal monsterplaatsen, kon de bemonstering per plek belangrijk intensiever zijn. Zo werden vrijwel alle bemonsteringen uitgevoerd in duplo, terwijl het aantal bemonsteringen per plek in sommige gevallen werd opgevoerd tot acht per zomer. Een laatste verbetering van het onderzoek was nog dat op vele standaardplekken evenals op de verdampingsproefvelden grondwaterstandsbuizen werden geplaatst, zodat de grondwaterstanden gedurende de waarnemingsperiode regelmatig konden worden opgemeten.

Hoewel April, Mei en Juni elk met een regenrijke decade begonnen, was het tot de laatste decade van Juni tamelijk droog. Na de vrij warme tweede decade van Juni volgden 30 dagen met zware regenval, waarna Juli droog en zeer warm eindigde. Augustus zette in het grootste deel van Zeeland regenrijk in. In de tweede en derde decade van deze maand was de regenval gering. September vertoonde de voor die maand normale hoeveelheid neerslag. Tabel 40 geeft een beeld van de regenverdeling gedurende de waarnemingsperiode van 1948 voor de stations Brouwershaven en Middelburg.

TABEL 40. Neerslag in mm gedurende de zomer van 1948

Maand	Maart			April			Mei			Juni			Juli			Augustus			Sept.		Totaal
Decade	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	.
Brouwers-	0,3	11,9	7,0	31,8	1,2	1,5	29,2	1,6	12,3	21,2	9,1	96,7	39,6	37,5	0,0	39,9	9,3	6,6	17,7	23,6	398,0
haven																					
Middel-	0,0	15,3	7,1	37,9	6,7	2,0	24,8	1,2	18,3	18,8	5,6	40,7	59,1	45,0	0,0	16,2	20,1	7,4	8,7	30,3	365,2
burg																					
Decade	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	Total
Month	March			April			May			June			July			August			Sept.		

TABLE 40. Precipitation in mm during the summer of 1948

a. Verdampingsproefvelden

Er werden acht verdampingsproefvelden aangelegd, alle gelegen in de Zuidwatering op Walcheren. Zes hiervan waren van het normale type: vier veldjes waarvan er twee gedurende de zomer een vijftiental keren werden geschoffeld en twee onveranderd bleven liggen. Eén proefveld had een extra veldje, dat gedurende de zomer bedekt bleef met stro, terwijl het achtste proefveld was bezaaid met zomergerst, waarin op twee veldjes de grond regelmatig door schoffelen los en onkruidvrij werd gehouden. De proefvelden werden vier tot achtmaal bemonsterd. De bedoeling was om nogmaals het effect van een herhaaldelijk toegepaste oppervlakkige bewerking op de verdamping van kale grond te bestuderen. De proef was dit jaar dan uitgebreid met een onderzoek

naar het effect van een strobefdekking en met een proefveld om te bestuderen of het schoffelen tussen de rijen van een graangewas nog betekenis had voor de vochtthuishouding van de grond. De opzet is totaal mislukt. De verschillen tussen de parallellen van één proefveld waren vaak zo enorm groot, dat er van betrouwbare conclusies (de cijfers wezen wel in de richting van een watersparende werking van het schoffelen) geen sprake kon zijn. En niet alleen dat de veldjes van één proefveld grote onderlinge verschillen vertoonden, de opeenvolgende bemonsteringen van één veldje wekten vaak zeer sterk de indruk, dat de betrouwbaarheid van de monsters onvoldoende was. Alle acht proefvelden lagen op zware poelgrond, die in sommige gevallen bovendien ten dele vergraven was voor moernering. Deze vergraven poelgrond is op Walcheren zeer algemeen (*Het landbouwkundig onderzoek in 1949-1952 ten behoeve van de herverkeveling Walcheren, 1952*).

Waar dan ten aanzien van een beïnvloeding van de verdamping geen gevolgtrekkingen waren te maken, kwamen uit deze proefvelden toch nog enkele vermeldenswaardige feiten naar voren.

Als eerste memorabel feit de ervaring, dat het uiterst moeilijk, zo niet onmogelijk is om op dit soort gronden betrouwbare proefvelden aan te leggen. Het is de vraag of grotere proefvelden met meer parallellen uitkomst zouden kunnen brengen, want de aanleg zou worden belemmerd door de verkaveling en door het feit dat men met grote proefvelden zeker sterk verschillende profielen zou overdekken.

In de tweede plaats vertoonden de meeste van deze proefvelden een ongewone vochtverdeling over het profiel. Het oude oppervlak was overdekt met een 8 tot 25 cm dikke laag jong zeeslib, waarvan het vochtgehalte na twee zomers nog niet tot de voor klei normale waarde was gedaald. De hieronder gelegen zode – de meeste gronden van dit type lagen voor de inundatie in gras – vertoonde eveneens hoge vochtgehalten. Eén en ander blijkt duidelijk uit tabel 41 waarin de vochtgehalten (gemiddelden van de vier veldjes) van het proefveld VW 32 zijn weergegeven. Op dit proefveld lag ruim 20 cm jong zeeslib.

TABEL 41. Verdampingsproefveld VW 32, Walcheren, 1948. A-cijfers op 16 April.

Laag in cm	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
Aard van de grond	Jong slik		Oude zode	Ondergrond	
A-cijfer	39,4	50,0	74,6	42,6	36,9
Kind of soil	Young sea mud		Old sod	Subsoil	
Layer in cm	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80

TABLE 41. Observation field VW 32, Walcheren, 1948. A-figures on April 16th.

Overigens gaf dit proefveld tevens een fraaie demonstratie van de ongelijkmatigheid der cijfers. Terwijl voor de lagen 0-10, 10-20 en 60-80 de A-cijfers der vier veldjes – althans bij deze bemonstering! – weinig uiteenliepen, varieerden de vochtcijfers in de laag 40-60 cm van 37,8 tot 48,5 en in de laag 20-40 cm zelfs van 55,5 tot 97,8.

Tenslotte is het verloop van de grondwaterstanden een kleine beschouwing waard.

Deze bleken tussen eind April en de tweede helft van Juni zeer langzaam en met kleine onderbreking te dalen. Daarna trad een plotselinge en sterke stijging op ten gevolge van de hevige regens in de laatste decade van Juni en de eerste weken van Juli, waarna opnieuw een daling intrad. De waterstanden op de proefvelden VW 27, VW 28, VW 29 en VW 30 werden steeds op dezelfde datum opgenomen. De waterstanden op de proefvelden VW 31, VW 32 en VW 33 eveneens. Tabel 42 geeft de voornaamste waarnemingen van beide groepen.

TABEL 42. Verdampingsproefvelden, Walcheren, 1948. Verloop der grondwaterstanden.

Datum van opmeting	Gemiddelde grondwaterstanden in cm beneden maaiveld op VW ₂₇ , VW ₂₈ , VW ₂₉ , VW ₃₀	Gemiddelde dagelijkse neerslag in mm	Gemiddelde grondwaterstanden in cm beneden maaiveld op VW ₃₁ , VW ₃₂ , VW ₃₃	Gemiddelde dagelijkse neerslag in mm
30-4	78	4,2		
3-5	80	1,6	88	1,6
15-5	83	0,6	90	0,6
29/28-5	88	3,9	92	3,4
4/5-6	85	0,5	90	0,7
14/16-6	85	1,2	92	0,9
18-6	87	3,5	102	3,3
30-6			73	5,9
2-7	64	5,2	52	4,7
6-7			53	1,2
17-7	55	1,8	77	2,5
30-7			88	1,5
10/11-8	79	1,5	92	
26-8	88			
Date of measurement	Mean watertables in cm below soilsurface on VW ₂₇ , VW ₂₈ , VW ₂₉ , VW ₃₀	Mean daily precipitation in mm	Mean watertables in cm below soilsurface on VW ₃₁ , VW ₃₂ , VW ₃₃	Mean daily precipitation in mm

TABEL 42. Observationfields, Walcheren, 1948. Movement of watertables.

Ook het met zomergerst begroeide proefveld VW 34 vertoonde een opvallende grondwaterstandsstijging, doch eerst op 17 Juli. Hoogstwaarschijnlijk is op dit proefveld een veel groter deel van de regenval verbruikt om het vochtdeficit van de grond aan te vullen dan op de niet begroeide proefvelden. Dat er regenpassage is opgetreden, bleek behalve uit de grondwaterstandsstijging ook uit het feit dat na een onmiskenbare capillaire opstijging in April en Mei in de loop van de zomer uit alle vier de veldjes zout was verdwenen.

b. Standaardplekken

In de Oost-Bevelandpolder werden de zes plekken van 1947 wederom bemonsterd en wel zeven à acht maal. De eerste bemonstering vond plaats op 9 Maart en de laatste op 30 Augustus. De indroging was, evenals in 1947, het sterkst op OB 3 (103 mm) en het geringst op OB 10 (51 mm), die ook dit jaar weer een flinke capillaire opstijging (79 mm) vertoonde. Op de overige vier plekken varieerde de indroging weinig en was over de gehele periode berekend gemiddeld 80 mm. Op deze plekken bedroeg de gemiddelde indroging van de lagen, 0-20, 20-40, 40-60 en 60-80 cm respectievelijk 36, 21, 15 en 7 mm, waaruit mocht worden geconcludeerd, dat de laag 80-100 cm geen

noemenswaardig vochtverlies zal hebben geleden. Over de vergelijkbare periode van begin Mei tot omstreeks 1 Augustus waren, vergeleken met 1947, OB 3 60 mm, OB 16 59 mm en OB 32 43 mm minder ingedroogd. Slechts op OB 10 was de indroging in 1947 en 1948 over deze periode vrijwel gelijk, waarbij in herinnering mag worden gebracht, dat de indroging van OB 10 in 1947 veel geringer was dan van de overige plekken.

Afgezien van OB 10 was het resultaat van de opwaartse zoutbeweging te verwaarlozen op OB 3 en OB 32. OB 13, OB 16 en OB 23 vertoonden een duidelijke ontzilting.

Van begin Maart tot eind Augustus verdampen OB 3 en OB 10 2,7 mm per dag en de overige plekken gemiddeld 2,2 mm. Tussen 7 Mei en 2 Augustus was de verdamping voor alle plekken ongeveer 3,0 mm per dag, tegen 2,6 mm over de overeenkomstige periode in 1947. De regen leverde van deze 3,0 mm 73-82, gemiddeld 77 %, tegen 44 % in 1947.

Uitgezonderd in OB 13 steeg in alle plekken de grondwaterstand tussen begin Juni en eind Juni en wel met 41 tot 61 cm. Gedurende deze periode werden vrijwel alle plekken iets natter, maar merkwaardig genoeg vertoonde slechts OB 3 een onmiskembare ontzilting. Dit memoreert nog eens het feit, dat in een vochtige grond een geringe watertoevoer vaak een belangrijke grondwaterstandsstijging kan veroorzaken.

Uitvoeriger beschouwingen over de beweging van het zout in de grond zijn niet verantwoord. De zoutcijfers waarover in 1948 kon worden beschikt, waren voor een groot deel zo laag, dat de berekening van het zouttransport met een belangrijke fout was behept. Dit hield in dat een bestudering van de afzonderlijke waarnemingen vaak niet mogelijk was en dat vrijwel steeds met gemiddelden moest worden gewerkt.

Ook op Walcheren werden alle standaardplekken van 1947 aangehouden. Ze werden drie tot zeven maal bemonsterd, de eerste keer tussen 8 en 11 Maart, de laatste maal op 13 September. De indroging varieerde niet veel, behoudens op één plek en bedroeg gemiddeld 98 mm. Slechts op vier van de dertien plekken trad capillaire opstijging op en deze was nooit bijzonder groot; op alle overige plekken trad een meer of minder groot zoutverlies op. Gemiddeld bedroeg de verdamping over de gehele periode 2,3 mm per dag, waarvan de regenval 75 % leverde. Evenals in de Oost-Bevelandpolder was ook hier de verdamping over de periode begin Mei tot eind Juli veel hoger en wel 3,0 mm per dag, dit ten gevolge van de zware regenval (2,3 à 2,4 mm per dag) in deze tijd. De sprong in de grondwaterstanden op het eind van de maand Juni was geringer dan in de Oost-Bevelandpolder nl. 20 cm, hetgeen wellicht kon worden verklaard uit het feit dat ook de regenval in de voorafgaande periode op Walcheren een 20 mm lager was.

Van de standaardplekken op Schouwen-Duiveland waren er in 1948 nog 24 over, waarvan er nog één voor berekening van de zoutbeweging uitviel. De eerste bemonstering vond plaats op 11 en 12 Maart, de laatste op 1, 2 en 3 September, terwijl tussentijds nog één tot zes maal werd bemonsterd. Over deze gehele periode genomen bedroeg de verdamping $2,8 \pm 0,07$ mm per dag, waarvan de regen 75 % leverde. Dit was dus nogal wat hoger dan de $2,3 \pm 0,07$ mm van Walcheren. De regenval kon niet de oorzaak zijn van dit verschil, want die bedroeg op Schouwen-Duiveland 2,1 mm per dag en op Walcheren 2,0 mm. De indroging gaf al evenmin een verklaring, want die was 0,43 mm per dag op Schouwen-Duiveland tegen 0,52 mm op Walcheren. Het verschil moest dus zitten in de aanvoer van water uit of afvoer van water naar de onder-

grond. Hierin was inderdaad verschil, want terwijl op Walcheren 9 van de 13 plekken afvoer van water naar de ondergrond te zien gaven, was dit op Schouwen-Duiveland slechts bij 6 van de 24 plekken het geval. Dit nu was te verwachten, want op Schouwen-Duiveland waren de plekken in een bepaalde richting geselecteerd. Op Walcheren was van de 13 in 1945 uitgezochte plekken nog geen enkele afgeschreven. Op Schouwen-Duiveland waren van de oorspronkelijke 37 plekken er slechts 24 gehandhaafd en wel de plekken, die de geringste achteruitgang in zoutgehalte vertoonden. Deze plekken hadden een wat hoger zoutgehalte, of omdat de capillaire opstijging er groot was, of omdat de ontzilting wat minder snel verliep, of omdat deze beide factoren samenwerkten.

Het gedrag van de plekken op Schouwen-Duiveland was geheel in overeenstemming met deze selectie. Zo was de gemiddelde indroging (77 mm) geringer dan op Walcheren (98 mm) en was het vochtverbruik gelijkmatiger verdeeld. Dit bedroeg 2,8 mm per dag voor de gehele waarnemingsperiode, 2,9 mm voor de tijd tussen begin April en begin September en eveneens 2,9 mm voor de tijdsspanne tussen begin Mei en eind Juli. Over deze laatste periode vertoonden zowel de plekken op Walcheren als die in de Oost-Bevelandpolder vrijwel dezelfde waarde, namelijk 3,0 mm. Het afwijkende gedrag van de Schouwense plekken school dus kennelijk in de hoge verdamping in de eerste en de laatste weken van de waarnemingsperiode. Ook dit was voor plekken met een sterke capillaire opstijging al eerder geconstateerd. Voor 1947 is al vermeld dat OB 10 in de Oost-Bevelandpolder (met een duidelijke capillaire opstijging) speciaal in het voorjaar een hogere verdamping te zien gaf dan de overige plekken; voor 1948 gold voor OB 10 hetzelfde. De grotere verdamping, op plekken met een meer dan gemiddelde capillaire opstijging na eind Juli, kon waarschijnlijk verklaard worden uit de geringere indroging op dit soort plekken in de voorafgaande periode. Reeds bij de bespreking van de verdampingsproefvelden, die in 1946 op Schouwen-Duiveland waren aangelegd, werd er op gewezen, dat van de regen, die op vochtige grond viel, een groter gedeelte verdampte dan van de neerslag die op drogere grond terecht kwam. Mogelijk hebben ook de in het laatst van Juni en het begin van Juli gestegen grondwaterstanden de capillaire aanvoer van water uit de ondergrond in de weken na de regen bevorderd. Overigens kon door een minder gelukkige keuze van de data van opmeting, deze grondwaterstandsstijging op Schouwen-Duiveland slechts in enkele gevallen worden geconstateerd. Wel bleek dat de zware regenval tussen begin en eind Juli op vrijwel alle plekken enige ontzilting had teweeg gebracht.

Het verband tussen de capillaire opstijging en de grondwaterstand was niet fraai. Wel wekte het cijfermateriaal de indruk dat de capillaire opstijging bij hoge grondwaterstanden in het algemeen groter was dan bij lage, maar doordat er enige uitbijters tussen de cijfers voorkwamen en het aantal gevallen niet groot was, kon deze indruk niet worden geverifieerd. De grondwaterstand is, hoewel een voorname, zeker niet de enige factor, die de capillaire opstijging beïnvloedt, zodat a priori te verwachten was, dat een aantal waarnemingen sterk zou afwijken.

De vijf plekken op Zuidbeveland en Flakkee sloten – dank zij de op alle plekken opgetreden capillaire opstijging – met een verdamping van 2,6–3,0 mm per dag (gemiddeld 2,8 mm) volledig aan bij het voor Schouwen-Duiveland gevonden gemiddelde.

De vier plekken op Tholen vertoonden zulke lage zoutcijfers, dat – gezien het kleine aantal plekken – de weinig betrouwbare gegevens geen waardevol gemiddelde konden leveren. Zoutverlies trad op alle plekken op. De gemiddelde verdamping bedroeg 2,3 mm (evenveel dus als op Walcheren).

c. Diversen

In verband met de in 1947 verkregen gegevens werden ook de in 1948 uitgevoerde bemonsteringen van de ontwateringsterreinen nader bestudeerd. Hoewel de verschillen proefveld voor proefveld slechts zelden reëel waren, lagen ze wel altijd op minstens vijf van de zes proefvelden in de goede richting. Na de uitvoerige bespreking van de cijfers van 1947 behoeven slechts weinig woorden aan de waarnemingen van 1948 te worden gewijd. Op de proefvelden OW 1, OW 3, OW 5, OW 7 en OW 10 hadden de drainsleuven in het voorjaar een hoger vochtgehalte dan de middens van de akkers. Op het proefveld OW 9 (in 1947 niet in de reeks opgenomen wegens het ontbreken van een herfstbemonstering) waren de vochtgehalten overal even hoog, hetgeen in verband met de zeer ondiepe ligging van de drains (35 cm beneden maaiveld) niet te verwonderen viel. De indroging was op alle proefvelden, uitgezonderd OW 1, in de drainsleuven hoger dan midden op de akkers. Voor de totale vochtleverantie uit de grond gold hetzelfde. Op OW 1 was de indroging boven de drains iets (10 mm) kleiner dan midden op de akkers. De totale vochtleverantie zou het normale beeld hebben getoond en wel 127 mm in de drainsleuven tegen 82 mm midden op de akkers, ware het niet dat één van de drie drainsleuven door een zeer sterke ontzilting volkomen afweek van alle andere bemonsterde plekken. Een klein onderzoek wees uit, dat hier van een bemonsteringsfout sprake moest zijn¹, weshalve de betreffende drainreeks bij de verwerking van de cijfers buiten beschouwing werd gelaten. De plek op OW 3, die zich in 1947 door de sterke capillaire opstijging onderscheidde van de overige plekken, deed dit ook in 1948 (en naar later bleek eveneens in 1949). Gemiddeld over alle proefvelden waren de verschillen in voorjaarsvochtgehalte, indroging en totale vochtleverantie tussen de drainsleuven en de middens der akkers respectievelijk 31, 13 en 36 mm.

Voor het onderzoek naar verschillen in capillaire opstijging werden van de 16 terreinen van 1947 er 9 aangehouden. De slechte groei der gewassen werd vaak veroorzaakt doordat de plekken met een hoog zoutgehalte de zomer ingingen, zonder nu direct een sterke capillaire opstijging tijdens de zomer te demonstreren. Soms kwamen inderdaad zeer grote verschillen in capillaire opstijging op korte afstand voor. Deze ervaringen waren in 1947 ook al opgedaan. In 1948 bleek tevens – doordat de meeste plekken vijfmaal werden bemonsterd – dat het hier veelal om zeer bonte gronden ging, waardoor een intensieve bestudering van de cijfers geen zin had.

Eén van de meest merkwaardige onderzoeken was de meting van de verdamping over korte perioden. Op een kaal terrein in de Zuidwatering op Walcheren werden op 27, 28 en 29 Mei 's morgens (9.30 uur) vijf monsters gestoken van de lagen 0–10 en 10–20 cm, terwijl op 27 Mei bovendien 's middags (16.00 uur) werd bemonsterd. De monsters werden getrokken uit 16 boringen en er werd voor gezorgd dat plek voor plek de boringen op de tweede en derde dag tussen de boringen van de eerste dag kwamen te liggen. De afstand tussen de vijf monsterplekken onderling was niet meer dan een meter. Afgezien van een minimale stijging gedurende de eerste nacht daalde het vochtgehalte voortdurend en wel gemiddeld $16 \pm 1,7$ mm over 2 etmalen. Dit was veel, want de voorafgaande weken waren uitgesproken droog geweest, behoudens de 48 uur voor de eerste bemonstering, waarin ongeveer 9 mm neerslag viel. Het vreemdste was echter wel, dat de plekken zonder uitzondering een kleine ontzilting

¹ Hierbij bleek namelijk dat op de beide afwijkende plekken de ontzilting gedurende de voorafgaande winter 13 en 55 mm had bedragen tegen gemiddeld 170 mm in de overige drainsleuven. Dit deed het vermoeden rijzen, dat in het voorjaar de boringen niet of niet allemaal in de drainsleuf waren verricht. Dit vermoeden werd vrijwel zekerheid toen bleek, dat de voorjaarsvochtvoorraad van de vier plekken in de andere drainsleuven varieerde van 315 tot 319 mm, terwijl de vochtvoorraad van de beide afwijkers met 267 en 273 mm binnen de grenzen (266–278 mm) van de 5 plekken buiten de drainsleuven vielen.

(gemiddeld $5,2 \pm 0,9$ mm) te zien gaven. Men zou haast moeten veronderstellen dat de droge ondergrond water had aangezogen uit de, door de regen van de voorafgaande dagen iets vochtiger geworden, bovengrond.

Tenslotte moet nog een proef worden vermeld die werd genomen om de ontzilting in de bovenste lagen van de grond te bestuderen. In 1946 en 1947 was gebleken dat gedurende de zomer in vele gevallen onder in een profiel meer zout verdween dan bovenin. De indruk werd gewekt dat dit verschil niet kon worden geweten aan verschillen in uitzakking of aan storing van de waarnemingen door capillaire opstijging. De veronderstelling werd geopperd dat het ontzilte effect van de regen in de bovenste lagen van de grond minder groot was dan in de dieper gelegen lagen. Om een bewijs voor dit vermoeden te leveren werd op 18 Augustus op een kale grond (een matig zware zavel, die aan het oppervlak geen scheurvorming vertoonde) in de Zuidwatering op Walcheren een plek uitgezet ter grootte van 1 m^2 . Rondom deze plek werden 20 boringen verricht, die allemaal afzonderlijk werden geanalyseerd. Vervolgens werd de plek zelf met behulp van een gieter beregend met ± 6 mm. Daarna werd de plek afgedekt met asfalt-papier om verdamping te voorkomen en het binnendringen van natuurlijke neerslag te vermijden. Het beregenen werd op 19 en 20 Augustus 's morgens herhaald, waarna op 20 Augustus tegen de avond de plek werd bemonsterd (wederom 20 boringen, die afzonderlijk werden geanalyseerd). De resultaten van deze bemonsteringen staan in tabel 43 vermeld. De B-cijfers deden terstond al vermoeden, dat de ontzilting onderin groter was geweest dan bovenin, maar de berekeningen toonden dit ten duidelijkste aan.

TABEL 43. Ontziltingsproef, Walcheren, 1948. Veranderingen in vocht- en zoutgehalte teweeggebracht door een kunstmatige regen gedurende drie dagen van 6 mm per dag.

Datum Date	18-8-1948			20-8-1948			18-8-1948		20-8-1948	
Laag in cm Layer in cm	A	B	C	A	B	C	W	Z	W	Z
0-10	22,2	0,04	2,0	24,7	0,03	1,1	3,11	0,006	3,46	0,004
10-20	24,7	0,08	3,3	27,8	0,05	1,8	3,46	0,011	3,89	0,007
20-40	24,5	0,14	5,9	26,3	0,08	3,1	6,86	0,040	7,36	0,022

TABEL 43. Desalinization experiment, Walcheren, 1948. Changes in moisture and salt content caused by a watering during three days, the amount of water being equal to a rainfall of 18 mm.

De watervoorraad van de laag 0-40 cm was na de berekening met 12,8 mm toegenomen. Er was 18 mm water toegediend, zodat er nog een waterpassage mogelijk was geweest van 5,2 mm. Uit de zoutcijfers werd, in fraaie overeenstemming met de genoemde waarde, een waterpassage berekend van 5,3 mm. In de laag 0-20 cm was 7,8 mm water opgeslagen. Door deze laag is dus $18 - 7,8 = 10,2$ mm water gepasseerd. Uit de zoutcijfers werd voor deze laag echter een waterpassage berekend van 2,6 mm, d.w.z. 25 % van de werkelijke waarde. Voor de laag 0-10 cm (waarin 3,5 mm water was geborgen) bedroeg de berekende waterpassage (1,6 mm) slechts 11 % van de in feite opgetreden waterpassage (14,5 mm).

Nu mocht ook niet worden verwacht dat het regenwater na passage door de laag 0-10 cm (of zelfs de laag 0-20 cm) reeds het zoutgehalte van het bodemvocht zou hebben verkregen. Deze veronderstelling was zelfs voor de wintermaanden - waarin de

omstandigheden voor een sterke ontzilting van de toplagen veel gunstiger zijn – niet verantwoord. In de zomermaanden waren de afwijkingen tussen de werkelijke waterpassage en de uit de zoutcijfers berekende waterpassage ongetwijfeld groter dan in de winter, maar bovendien vielen deze verschillen meer op door de vaak zeer hoge C-cijfers van de laag 0–10 cm, die hoog bleven, terwijl in de dieper gelegen lagen een daling optrad van de daar ter plaatse toch al lagere C-cijfers.

Ook in de literatuur zijn nog wel aanwijzingen te vinden, die een steun kunnen vormen voor de hierboven ontwikkelde gedachtengang. Zo vermelden DULEY en DOMINGO (1943) dat van een regenbui het eerste gedeelte veel sneller wegzakt dan de later vallende regen. Mogelijk neemt van de soms korte maar intense zomerregens het snel wegzakkende water, althans bovenin de grond, weinig zout mee. Dit zou overeenkomen met een mededeling van LAWES en GILBERT (geciteerd door BLOHM, 1926), dat tijdens een regenperiode het drainwater in het begin minder zout meevoert dan later.

In het algemeen bedroeg in 1948 de indroging op begroeide gronden 60 tot 100 mm, op plekken met een merkbare capillaire opstijging was de indroging gemiddeld wat geringer. Op goed doorlatende, niet te laag gelegen, gronden werd een duidelijke ontzilting waargenomen. Op zeer vele plekken overheerste echter de capillaire opstijging de vooral in Juli opgetreden ontzilting. De totale verdamping varieerde van ongeveer 2,3 mm per dag op de ontzilte plekken tot gemiddeld 2,8 mm voor de plekken met enige capillaire opstijging. De regenval leverde op practisch alle plekken rond 75 % van de totale verdamping. De zware regenval gedurende de laatste decade van Juni en de eerste en tweede decade van Juli leidde ook op begroeide gronden tot een grondwaterstandsstijging van 20 tot hoogstens 50 cm.

6. WAARNEMINGEN GEDURENDE DE ZOMER VAN 1949

In 1949 verkeerde het zoutonderzoek in de eindphase. Er werden nog slechts 31 standaardplekken bemonsterd, waarvan er bovendien nog enkele afvielen, terwijl voorts alleen de monsters van de ontwateringsproefvelden voor verwerking beschikbaar waren.

a. Standaardplekken

Van de 27 standaardplekken die tenslotte overbleven, lagen er 16 op Schouwen-Duiveland, 6 op Walcheren en 5 op Zuidbeveland. De bemonsteringen vonden plaats in de tweede helft van Maart en in de laatste dagen van September. Tabel 44 geeft een

TABEL 44. Brouwershaven. Neerslag in mm gedurende de zomer van 1949.

Maand	Maart			April			Mei			Juni			Juli			Augustus			September			Totaal
Decade	II	III		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Brouwers- haven	20,9	1,9		26,2	5,2	18,6	6,4	10,6	39,1	12,0	8,6	0,0	0,6	45,5	1,0	23,0	21,5	9,3	7,2	36,9	19,4	313,9
Decade	II	III		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
Month	March			April			May			June			July			August			September			Total

TABEL 44. Brouwershaven. Precipitation in mm during the summer of 1949.

overzicht van de regenval zoals deze, gedurende de periode tussen de bemonsteringen, op het station Brouwershaven werd genoteerd.

De indroging op deze 27 plekken bedroeg gemiddeld 59 mm. De totale verdamping was 2,1 mm per dag, waarvan de regen bijna 75 % leverde. De capillaire opstijging bereikte op enkele plekken, reeds uit vorige jaren bekend om hun sterke capillaire opstijging, ook nu weer hoge waarden (tot 150 mm en soms nog meer). Toch waren er nog 7 standaardplekken, waar de afvoer van zout naar de ondergrond een eventuele capillaire opstijging had overtroffen. Hoewel geen bespreking van de afzonderlijke plekken zal worden gegeven, is het toch vermeldenswaard dat bijvoorbeeld OB 3 evenals in 1947 en 1948 weer een sterkere indroging (121 mm) vertoonde dan de gemiddelde plek en dat omgekeerd OB 10, evenals in vorige jaren, met een indroging van 10 mm ver beneden het gemiddelde bleef.

b. Ontwateringsproefvelden

Een deel van de in de herfst op deze proefvelden genomen monsters is tijdens het transport naar Kampen verloren gegaan, zodat niet voor alle berekeningen het volle aantal van zes proefvelden ter beschikking stond. Bovendien viel de herfstbemonstering zeer laat (eind October), hetgeen de bruikbaarheid van de cijfers niet ten goede kwam, omdat de regenval in September en October waarschijnlijk de indroging van de grond al enigszins had verminderd. De voorjaarsvochtvoorraad in de drainsleuven

TABEL 45. Ontwateringsproefvelden, Walcheren. Voorjaarsvochtvoorraad in mm in een profiel van 80 cm diep.

Jaar	1947		1948		1949		1950	
No van het proefveld	Drain-sleuven	Akker-middens	Drain-sleuven	Akker-middens	Drain-sleuven	Akker-middens	Drain-sleuven	Akker-middens
OW1	331	291	316	273	292	261	289	270
OW3	290	278	273	256	230	230	260	260
OW5	386	325	363	300	336	283	353	293
OW7	313	269	294	259	255	222		
OW9			280	281	294	297		
OW10	368	287	327	297	322	262	356	288
<i>No. of observation field</i>	<i>Above and under tile drain</i>	<i>Midway between tile drains</i>	<i>Above and under tile drain</i>	<i>Midway between tile drains</i>	<i>Above and under tile drain</i>	<i>Midway between tile drains</i>	<i>Above and under tile drain</i>	<i>Midway between tile drains</i>
<i>Year</i>	<i>1947</i>		<i>1948</i>		<i>1949</i>		<i>1950</i>	

TABLE 45. Observation fields, Walcheren. Water stored in spring in mm in the upper 80 cm of a profile.

was in begin Maart op vier van de zes proefvelden groter, op één proefveld gelijk en op één proefveld (OW 9, met de zeer ondiepe drainsleuven) iets kleiner dan die in het midden van de akkers. De indroging in de drainsleuven was in 4 van de 5 gevallen hoger. Voor de totale vochtleverantie gold hetzelfde. Hoewel in de meeste gevallen alleen het verschil in vochtgehalte in het voorjaar werkelijk reëel was, lagen toch de gemiddelden van alle proefvelden weer in dezelfde richting als in 1947 en 1948. Het verschil tussen de drainsleuven en de middens der akkers in voorjaarsvochtvoorraad, indroging en totale vochtleverantie was respectievelijk 36, 8 en 14 mm.

Een vergelijking tussen de voorjaarsvochtgehalten van de ontwateringsproefvelden in de verschillende jaren (tabel 45) toonde dat deze vochtgehalten nogal uiteenliepen. Na de winters waarin af en toe hoge grondwaterstanden voorkwamen (1946 op 1947, 1947 op 1948 en 1949 op 1950), was de vochtvoorraad van de grond (berekend over een profiel tot 80 cm diepte) tamelijk hoog. In het voorjaar van 1947 was deze vochtvoorraad wat extra hoog, waarschijnlijk omdat aan de bemonstering een zeer natte periode voorafging. Na de droge winter van 1948 op 1949 – waarin de grondwaterstanden op de meeste plekken laag bleven – waren de voorjaarsvochtgehalten duidelijk lager dan normaal. Het verschil tussen 1947 en 1949 bedroeg 51 mm voor de drainsleuven en 38 mm voor de akkermiddens, d.w.z. bijna de totale indroging van een natte zomer!

III. WAARNEMINGEN BETREFFENDE DE ZOUT- EN VOCHTHUISHOUDING VAN GEÏNUNDEERDE GRONDEN GEDURENDE DE WINTERMAANDEN

1. DOEL EN OPZET VAN HET ONDERZOEK

In gebieden die met zout water geïnundeerd zijn geweest, is de uitspoeling van het zout gedurende de wintermaanden¹ van veel meer belang dan de veranderingen, die tijdens de zomermaanden in het zoutgehalte optreden. Weliswaar kunnen de weersomstandigheden gedurende de zomer de C-cijfers van de doorwortelde lagen zodanig beïnvloeden, dat de opbrengsten der gewassen hoger of lager uitvallen dan men op grond van de in het voorjaar gevonden C-cijfers zou verwachten (VAN DEN BERG, 1950), maar het is toch voornamelijk de tijdens de winter optredende ontzilting, die beïnvloedt of inzaai met een bepaald gewas al dan niet verantwoord is.

Er moest dus naar worden gestreefd om de factoren die deze uitspoeling van het zout beheersen, zo goed mogelijk te leren kennen. Uit het werk van ZUUR was bekend dat de ontzilting van een bepaald perceelsgedeelte in belangrijke mate afhangt van de ontwateringstoestand ter plaatse. Daarom werden in de eerste plaats telken jare uitgebreide waarnemingen gedaan op zogenaamde ontwateringsproefvelden. Om wat meer gebieden in het onderzoek te betrekken werd in herfst en voorjaar en soms ook nog enige malen daartussen een groot aantal standaardplekken bemonsterd. Teneinde geen waarnemingen ongebruikt te laten, werden ook de gegevens bestudeerd, die bij andere bemonsteringen (zoals van gipsproefvelden) waren verkregen.

De grote, meestal in het voorjaar vallende, zoutkarteringen – opgezet terwille van het verkrijgen van gegevens voor de inzaaiadviezen – werden uitgevoerd door de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst. Om reeds bij voorbaat iets te weten over de te verwachten cijfers werden ook tijdens de wintermaanden van de bouwvoor vele monsters genomen. Deze bemonsteringen werden, evenals enkele kleinere zoutkarteringen, met eigen medewerkers verricht.

De stof is op dezelfde wijze ingedeeld als in hoofdstuk II: Aan elke winter waarin waarnemingen werden verricht (in totaal zes) is een aparte paragraaf gewijd.

De samenvatting van de verkregen resultaten, alsmede een beschouwing over de betekenis van het onderzoek voor de kennis van de vochthuishouding van de grond gedurende de wintermaanden, zijn verwerkt in hoofdstuk IV.

2. WAARNEMINGEN VERRICHT GEDURENDE DE WINTER 1944 OP 1945

Zoals in de inleiding werd gememoreerd, viel reeds vóór of in de winter van 1944 op 1945 een aantal gebieden droog, sommige reeds in de eerste helft van November 1944, andere pas in Februari 1945 (men zie vooral WESTERHOF, 1947). De drooggevallen gronden, voornamelijk gelegen in West-Brabant, op Tholen, op Zuidbeveland en in Zeeuws-Vlaanderen werden in het voorjaar van 1945 zo goed mogelijk bemonsterd. De omstandigheden, waaronder deze bemonsteringen moesten worden uitgevoerd, waren zeer ongunstig. Golden vlak na de bevrijding voor vrijwel elk werk tal van moeilijkheden, in dit speciale geval kwam hier nog bij dat zowel de sinds het voorjaar van

¹ Gemakshalve wordt in dit hoofdstuk steeds gesproken van wintermaanden. De waarnemingen begonnen echter in de meeste gevallen reeds in September of October; ze eindigden in Maart of April.

1944 bijeengebrachte hulpmiddelen (boormateriaal, laboratoriuminventaris), als ook de voor het zoutonderzoek opgeleide personen nog in Kampen, dat wil zeggen in bezet gebied en dus onbereikbaar, waren. Men beschikte in Zuid-Nederland slechts over de ervaringen neergelegd in de „Voordrachten over zoute gronden” (in druk verschenen in 1946).

Het spreekt vanzelf dat, gezien de omstandigheden waaronder moest worden gewerkt, de bemonstering van dieper gelegen lagen niet aan de orde kon komen. Het wekt reeds verbazing dat men er in is geslaagd om, ondanks alle moeilijkheden, een groot aantal bouwvoormonsters te nemen en te onderzoeken.

Bestudering van de gevonden cijfers leerde terstond dat de ontziltling van de bouwvoor bij een goede ontwatering in één natte winter zover kan voortschrijden, dat de inzaai van verscheidene landbouwgewassen mogelijk is. Zo vertoonden van de 668 monsters, die in Maart 1945 van de laag 5–20 cm op Tholen werden genomen, er 52 % een C-cijfer tussen 0 en 3,1. In de groep van 3,1 tot en met 6,0 vielen 24 % en in de groep 6,1 tot en met 10,0, 17 % van de C-cijfers. Slechts 7 % van de monsters had een C-cijfer hoger dan 10,0.

Nu waren de weersomstandigheden gunstig geweest. In Augustus had het op het eiland Tholen staande water, behoudens een enkele uitzondering, nog een C-cijfer boven de 20, ja meestal zelfs boven de 25. Ongetwijfeld zullen de September- en October-regens dit inundatiewater al merkbaar hebben verdund, want over deze twee maanden bedroeg de gemiddelde regenval voor Zeeland – regencijfers van Tholen zijn voor deze periode niet beschikbaar – 196 mm. Daarna viel in Zeeland tot aan de bemonsteringsperiode in Maart 1945 nog 320 mm neerslag (ruim 100 mm meer dan normaal). De polders die het eerst droogvielen hebben nog vrijwel ten volle van deze regen (waarvan 155 mm in November viel) kunnen profiteren. Van 54 monsters afkomstig uit een zestal polders dat in November reeds droogviel, hadden slechts twee monsters een C-cijfer boven 3,0. De grond in de polder Poortvliet daarentegen kwam, al naar gelang de hoogteligging, tussen begin December en eind Februari boven water; hier hadden dan ook 72 van de 82 monsters een C-cijfer boven 3,0.

In het algemeen vielen de jongste polders – die het hoogst zijn gelegen – het eerst droog. Enerzijds omdat er vaak slechts een dunne laag water op het land stond, anderzijds omdat dit water door afspuien gemakkelijk kon worden verwijderd. In de oude polders stond veelal wat meer water, waarvan bovendien meestal een gedeelte door gemalen moest worden uitgeslagen. Verdeelde men de polders op Tholen volgens hun ouderdom in enkele groepen, dan kwam een vrij duidelijk verband naar voren tussen deze leeftijdsgroepen en het gemiddelde C-cijfer dat binnen elke groep in het voorjaar van 1945 in de laag 5–20 cm werd aangetroffen.

Op Zuidbeveland werd het droogleggen van de geïnundeerde polders soms bemoeilijkt door de vernielingen, die de Duitsers hadden aangericht en ook hier veroorzaakten vertragingen in het droogvallen uiteraard een geringere ontziltling. Zo lag in de polder Hoedekenskerke, die eerst in Februari 1945 geheel droog kwam en waar pas in Maart het normale winterpeil werd bereikt, slechts 1 % van de C-cijfers beneden 3,1. 27 % van de C-cijfers behoorde tot de groep 3,1 tot en met 6,0, 59 % lag tussen 6,0 en 10,1 en 13 % kwam daar nog boven uit.

Overigens zijn de gegevens van deze zoutkarteringen niet zeer intensief bestudeerd. In het begin ontbrak hiervoor de gelegenheid en later stonden zoveel door de schrijver zelf verzamelde cijfers ter beschikking, dat van een diepgaande studie van dit oudere materiaal weinig nut kon worden verwacht. Het was in elk geval duidelijk dat reeds in

één natte winter de ontziltling zover kon vorderen, dat op veruit de meeste percelen de inzaai van gewassen verantwoord was.

3. WAARNEMINGEN VERRICHT GEDURENDE DE WINTER 1945 OP 1946

In de herfst van 1945 werden in de eerste plaats negen ontwateringsproefvelden in observatie genomen. Voorts stonden ter beschikking de gegevens van 85 standaardplekken, waarvan er 37 waren gelegen op Schouwen-Duiveland, 16 op Overflakkee en 16 op Zuidbeveland. De overige lagen verspreid over Voorne-Putten, Tholen, Noordbeveland en Walcheren. Een gedeelte van de standaardplekken werd behalve in de herfst en in het voorjaar ook gedurende de winter nog één of meermalen bemonsterd. Bovendien werden de bemonsteringen van de standaardplekken in de Willem-Annapolder (Zuidbeveland) nog aangevuld met enige gegevens betreffende grondwaterstanden, doorlatendheden e.d.

Aan het cijfermateriaal werden nog toegevoegd: de gegevens van enige gipsproefvelden en van enkele vaste monsterplekken aangelegd voor het onderzoek op uitwisselbare kationen.

Ten slotte werd van een groot aantal plekken gedurende de winter regelmatig de bouwvoor bemonsterd om het verloop van de voor de inzaai zo belangrijke C-cijfers van deze laag te kunnen volgen. Ook deze cijfers leverden, tezamen met de gegevens van de omvangrijke zoutkarteringen, waardevol materiaal.

De bemonsteringen tot 80 of 100 cm diepte die in deze en in de volgende winters werden uitgevoerd, boden mogelijkheden tot bestudering van de vochtthuishouding van de bemonsterde plekken en proefvelden.

Deze winterwaarnemingen waren evenwel minder gemakkelijk te interpreteren dan de gedurende de zomermaanden verkregen gegevens.

Ten dele golden voor beide perioden dezelfde bezwaren, zoals ongeschiktheid van de grond om W- en Z-cijfers te berekenen, te lage C-cijfers of te grote veranderingen van het C-cijfer in de onderste laag van het bemonsterde profiel gedurende het tijdvak van waarneming. Laatstgenoemd bezwaar was voor de wintermaanden zelfs algemener dan in de zomer.

Anderzijds bestonden er ook specifieke winterproblemen. In de berekeningen opgezet aan de hand van zomerwaarnemingen vormde de verdamping van grond + gewas de sluitpost. 's Winters trad ten gevolge van de verslumping op vele plekken bovengrondse afvoer op. In dergelijke gevallen werd de onbekende in de waterbalans gevormd door de som van verdamping en bovengrondse afvoer. Dank zij plekken zonder bovengrondse afvoer kon een inzicht worden verkregen in de verdamping. Deze bleek redelijk goed overeen te stemmen met de verdamping van een vrij wateroppervlak zoals die door de Dienst der Zuiderzeewerken wordt bepaald. Zo gelukte het de verdamping van de grond te schatten waardoor ook de grootte van de bovengrondse afvoer kon worden bepaald.

Een andere moeilijkheid leverden de plekken waar een groot deel van de neerslag boven 80 à 100 cm diepte in zijwaartse richting door de grond werd afgevoerd. In hoofdstuk I is uiteengezet dat dan de berekening van de neerwaartse waterpassage niet geoorloofd is. Wordt deze berekening toch uitgevoerd – van een dergelijke handelwijze zijn in de volgende paragrafen wel eens voorbeelden gegeven – dan klopt de waterbalans niet. Langzamerhand leerde de ervaring welke profieltypen bruikbaar waren voor het opzetten van berekeningen en welke niet. In het algemeen leverden jonge polders en kreekruggronden in de oudere polders in dit opzicht geen moeilijkheden, mits

men geen berekeningen opzette voor plekken die vlak bij een drainreeks of een sloot waren gelegen.

Diepgaande beschouwingen zijn alleen opgezet voor plekken waar de zijwaartse waterbeweging de berekeningen niet of nauwelijks stoorde. Teneinde de chronologische opzet van het betoog niet al te erg te verstoren zijn de argumenten voor de toelaatbaarheid der berekeningen (die soms pas in een volgende waarnemingsperiode werden verkregen) niet geval voor geval apart vermeld.

a. Ontwateringsproefvelden

De in de herfst van 1945 aangelegde ontwateringsproefvelden verdienen niet zozeer de aandacht omdat ze zoveel gegevens opleverden, want dit was in genen dele het geval, maar wel vanwege de lering die eruit kon worden getrokken voor volgende jaren.

In de eerste plaats waren de overwegingen die tot de opzet van deze proeven leidden, minder juist. Op grond van de ervaringen, opgedaan bij vorige overstromingen, was te verwachten dat de ontwatering van de in 1944 met zout water geïnundeerde gronden bezwaren zou ondervinden. Hiermede is dan niet bedoeld de schade ontstaan door het dichtslibben van greppels en sloten – welke schade, behalve op Walcheren, nergens een verontrustende omvang had aangenomen – maar de achteruitgang in de ontwatering ten gevolge van het structuurverval van de geïnundeerde gronden. Eveneens was bekend dat de grote plassen die 's winters, reeds betrekkelijk kort nadat de ontzilting is begonnen, op geïnundeerd land plegen te verschijnen, een gevolg zijn van het ondoorlatend worden van de bouwvoor of delen daarvan.

In 1945 werd echter tijdens de hevige Meiregens geconstateerd, dat op het eiland Tholen sommige drains troebel, slibhoudend water afvoerden. Bovendien bleek bij het graven van profielkuilen, dat tot vrij ver beneden de bouwvoor de wanden van scheuren soms bedekt waren met een laagje vet slib. Deze waarnemingen leidden tot de veronderstelling, dat de ontwatering van de geïnundeerde gronden niet alleen zou verslechteren door het structuurverval van de bouwvoor, maar ook door het dichtslibben van drains en van drainsleuven. Ja, zelfs werd een algemene vermindering van de doorlatendheid van de ondergrond niet ondenkbaar geacht.

Op basis van deze waarnemingen en overwegingen werd het uitgangspunt voor de proef: het bestuderen van de wijzigingen in de waterhuishouding van de ondergrond. Dit uitgangspunt was minder gelukkig. Inderdaad werd de afzetting van slib in de drains tengevolge van de inundatie enigszins vergroot. In incidentele gevallen kwamen zelfs verstoppingen voor. In het algemeen was echter de achteruitgang in de afvoercapaciteit van de drains te verwaarlozen (men zie hiervoor SIEBEN en VELDMAN). Bij nader onderzoek bleek dat deslibfilmpjes op de wanden van scheuren nooit een dikte van enig belang bereikten en dat zij zeker nimmer tot verstopping van scheuren aanleiding gaven.

Hoewel dus bij de opzet van de proeven van in het algemeen onjuiste praemissen werd uitgegaan en hoewel dit spoedig werd ingezien, zijn in de volgende winter soortgelijke proefvelden – in een verbeterde vorm – aangelegd, die jaren lang hebben dienst gedaan. Het bleek namelijk dat zodanige proeven zeer waardevolle inlichtingen konden verschaffen over de waterhuishouding van de grond, ook indien de ontwateringstoestand van de betreffende terreinen geen nadelige invloed van de inundatie ondervond.

De oorspronkelijke opzet was, om:

1. Met behulp van dagelijkse grondwaterstandswaarnemingen na te gaan of in, ten aanzien van de regenval, vergelijkbare perioden vóór en ná de winter verschillen in diepte van het phreatisch vlak konden worden geconstateerd. Ook werden dagelijks eventuele drainafvoeren gemeten, zodat de correlatie tussen grondwaterstand en draindebiet – een verband dat bijvoorbeeld zeker afhankelijk moest zijn van de structuurverslechtering van de ondergrond – kon worden bestudeerd.
2. Vóór en ná de winter doorlatendheidsmetingen uit te voeren, om te zien in hoeverre de permeabiliteit van de grond gedurende de winter zou verminderen.
3. De aldus verkregen gegevens nog aan te vullen door vóór en ná de winter op de proefterreinen grondmonsters te nemen en deze evenals het opgevangen drainwater op zoutgehalte te onderzoeken. Combinatie van deze gegevens moest, redelijkerwijs gesproken, alle inlichtingen verschaffen die voor het verkrijgen van een inzicht in de achteruitgang van de ontwateringstoestand wenselijk waren. Al kon dan om de bovengenoemde redenen deze achteruitgang niet worden geconstateerd, de verkregen gegevens waren belangwekkend genoeg.

Ook aan de uitvoering van de proeven kleefden moeilijkheden en bezwaren. In de eerste plaats treft

men in de oudste polders (het Oudeland van KUIPERS, 1948) op tal van plaatsen geen drainage aan, waardoor vele percelen als proefterrein moesten uitvallen. In de tweede plaats kwamen op overigens geschikte percelen nogal eens samengestelde drainages voor, waardoor debietmetingen van elke drain apart niet mogelijk waren. Voorts lagen vele einddrains slechts zo weinig boven slootpeil, dat kon worden verwacht, dat reeds bij een matige regenval de drains onder water zouden uitmonden, waardoor afvoermetingen zeer bezwaarlijk zouden worden.

Op Tholen werd een vijftal proefvelden uitgezocht. De waarnemingen werden op dit eiland door de proefveldhouders zelf verricht, hetgeen niet altijd op bevredigende wijze geschiedde, zodat deze proefvelden verder buiten beschouwing kunnen blijven.

Op Schouwen-Duiveland werden vier proefterreinen in observatie genomen. Hier werden de waarnemingen door eigen medewerkers verricht zodat aan althans drie van de vier proefvelden voldoende aandacht kon worden geschonken.

De wijze waarop de waarnemingen en metingen werden verricht, zijn voor het grootste deel in hoofdstuk I vermeld. Enkele aanvullende gegevens mogen hier nog worden medegedeeld.

De grondwaterstanden werden gemeten op de middens van drie naast elkaar gelegen akkers, in de beide tussengelegen drainsleuven en op een afstand van de drains gelijk aan $\frac{1}{4}$ van de akkerbreedte. Het gebied dat door elke reeks werd ontwaterd, was bekend. De grondwaterstanden werden na een omrekening genoteerd in cm beneden een denkbeeldig horizontaal maaiveld, waarvan de hoogteligging gelijk was aan de gemiddelde maaiveldshoogte. Deze herleiding was nodig om de gemeten grondwaterstanden onderling vergelijkbaar te maken. Storende ongelijkmatigheden van het maaiveld werden zodoende weggewerkt, waardoor bijvoorbeeld de hangkrommen een regelmatigere verloop kregen, zoals in tabel 46 naar voren komt.

TABEL 46. Willem-Annapolder, Zuidbeveland, 1946. Hangkromme nabij standaardplek WA 4 op 28-2-1946

Afstand tot de drainreeks in meters	0	1	3	6	9	6	3	1	0	Distance from tile drain in m
Grondwaterstand in cm beneden werkelijk maaiveld	32	26	22	23	24	23	17	23	28	Groundwatertable in cm beneath actual soilsurface
Grondwaterstand in cm be- neden gemiddeld maaiveld	34	28	22	18	16	18	19	27	34	Groundwatertable in cm beneath average soilsur- face

TABLE 46. Willem-Annapolder, Zuidbeveland, 1946. Groundwatertables near sampling spot WA 4 on 28-2-1946

Op de proefterreinen werden monsters gestoken midden op een akker, in een naastgelegen drainsleuf en op de halve afstand tussen deze beide punten.

Hoewel het niet de bedoeling is om de op deze proefvelden verkregen gegevens in extenso te bespreken – de proefvelden van de volgende jaren leverden beter materiaal – verdienen enkele van de aardigste waarnemingen toch wel vermelding.

Het eerste proefveld, OS 1, was gelegen in de polder Oosterland. De grondsoort was zware zavel, die naar beneden toe lichter werd, zodat op een diepte van 1,50 m de grond uit lichte tot zeer lichte zavel bestond. De drainreeksen lagen op 12 m van elkaar en, op 60 m afstand van de sloot, op een diepte van ± 95 cm.

De grondwaterstanden lagen vrijwel de gehele winter op een diepte van 80 à 100 cm

beneden het gemiddelde maaiveld. Het perceel werd bemonsterd op 7 December 1945 en op 14 Maart 1946. In verband met de eigenaardige verdeling van het zout over het profiel – een punt dat nog nader aan de orde komt – is de berekening van de neerwaartse waterpassage niet geheel verantwoord. Zoals in hoofdstuk I werd vermeld, is een dergelijke berekening alleen geoorloofd indien voor het gemiddelde C-cijfer van de waterafvoerende laag een betrouwbare waarde kan worden becijferd.

In het onderhavige geval bedroeg het C-cijfer in de laag 60–80 cm ten tijde van de eerste bemonstering 1,9 en bij de tweede bemonstering 4,4. Deze cijfers waren weliswaar wat lager dan voor een nauwkeurige berekening van de neerwaartse waterpassage wenselijk was, maar ze lagen niet te ver van elkaar zodat het werken met een gemiddelde waarde geoorloofd leek. Ten gevolge van de bijzondere verdeling van het zout over het profiel was dit berekende gemiddelde C-cijfer echter wellicht lager dan het werkelijke gemiddelde. Mogelijk is zodoende voor de neerwaartse waterpassage een enigszins te grote en bij gevolg voor de verdamping een wat te lage waarde gevonden. Overigens stoorde de fout het betoog nauwelijks, zodat hieronder toch de berekende – en dus wellicht niet geheel juiste – cijfers zijn weergegeven.

De ontzilting in de periode tussen de bemonsteringsdata bedroeg, uitgedrukt in mm waterpassage, voor een profiel tot 80 cm ongeveer 175. De neerslag in hetzelfde tijdvak was slechts ongeveer 20 mm hoger. De vochtvoorraad in het profiel was op 14 Maart een 14 mm lager dan op 7 December. Dit vochtverlies kon een gevolg zijn van indroging, van uitzakking of van beide, voor de berekening van de verdamping maakte dit geen verschil. Deze verdamping (+ eventuele bovengrondse afvoer) bedroeg dus minimaal $20 + 14 = 34$ mm. Hoewel de bouwvoor nogal verslemt was – de grond was gedurende de zomer enigszins verkruid door bewerking met een wiedmachine – kwam door de vlakke ligging van het proefveld bovengrondse afvoer niet voor, althans niet over grote afstanden. Deze waarneming werd bevestigd door de ontzilting in de drainsleuf en de zoutgehalten van het drainwater. Door het ontbreken van één monster kon de waterpassage in de drainsleuf niet precies worden berekend, maar het was toch wel duidelijk dat deze waterpassage niet veel groter was geweest dan midden op de akker. Bovendien daalde het zoutgehalte van het drainwater regelmatig van ± 8 tot $\pm 5,5$ g NaCl per liter. Slechts enkele malen werd een buitensporig laag C-cijfer (2,0 à 2,5) van het drainwater gevonden, hetgeen kon wijzen op bovengrondse toevoer naar de drainsleuf; de drainafvoer bedroeg dan 2,5 mm per dag, tegen maximaal 1,5 mm bij normale C-cijfers.

Twee merkwaardige waarnemingen verdienen nog vermelding. In de eerste plaats een voor dit proefveld hoge afvoer van 2,5 mm per dag op 12 Januari met een normaal (dus niet onverwacht laag) C-cijfer. Deze zelfde waarneming werd gedaan op het proefveld OS 3. De verklaring is waarschijnlijk de volgende: Na de vrij langdurige vorstperiode van begin Januari was het verslechte oppervlak van de grond stuk gevoren en daardoor gedurende korte tijd wat doorlatender dan voordien. De grondwaterstanden stegen die dag tot een, voor dit proefveld, ongekende hoogte (70 cm beneden maaiveld).

Deze waarneming verklaart veel. De lage en tamelijk constante grondwaterstanden werden kennelijk veroorzaakt doordat de bouwvoor het water maar zeer langzaam doorliet. Nu werd ook begrijpelijk dat de drains wel zeer langdurig, maar nooit veel tegelijk afvoerden: de bouwvoor functioneerde als regulator.

Voorts was ook de zoutverdeling over het profiel op 7 December merkwaardig. In de laag van 0–10 cm was het C-cijfer beneden 2, het steeg dan tot bijna 12 in de laag

van 20–40 cm om daarna weer te dalen tot ongeveer 2 in de laag van 60–80 cm. Een dergelijke opvolging van C-cijfers werd wel vaker gevonden (ook OS 2 vertoonde dit verschijnsel, zij het in mindere mate) en zij werd veroorzaakt door de, gedurende de zomer, opgetreden verzouting van de bovenste laag. Maar hoe moest het lage C-cijfer in de laag van 60–80 cm worden verklaard? Was dit ten dele een gevolg van de bijzondere inundatiegeschiedenis van dit perceel? Het terrein lag namelijk op 27 cm + N.A.P. en had in de winter 1944 op 1945 enkele maanden boven water gelegen, gedurende welke maanden een merkbaar zoutverlies kan zijn opgetreden. Hadden bovendien de zware regens van Mei 1945 nog ontziltend gewerkt? Het was niet meer na te gaan.

Het tweede proefveld, OS 2, lag in de polder Vierbannen. De grond bestond uit lichte zavel, naar beneden overgaand in vrij zware klei, waaronder op 1 m à 1,15 m een goed doorlatende veenlaag begon, die zich in elk geval tot minstens 1,50 m diepte voortzette. De drainreeksen lagen op afstanden van 14 m en op het proefveld lagen de reeksen, op 60 m afstand van de sloot, respectievelijk 42 en 52 cm diep.

De grondwaterstanden stegen op dit proefveld onder invloed van de regenval af en toe tot in de bouwvoor, éénmaal zelfs tot bijna aan het maaiveld toe. Het perceel werd bemonsterd op 13 December 1945 en op 25 Februari 1946. De waterpassage in de tussengelegen periode bedroeg voor de laag 0–80 cm ongeveer 160 mm, bij een regenval van 180 mm. Overigens zal om dezelfde reden als bij OS 1 werd genoemd, deze 160 mm wel wat te hoog zijn berekend. De daling van de vochtvoorraad in de genoemde laag was te verwaarlozen (3 mm). Van de neerslag is dus minstens 20 mm niet in de grond gedrongen.

Drainwater kon pas worden opgevangen na de vorstperiode in de eerste helft van Januari. Voordien kon de enigszins dichtgeslibde sloot het water niet snel genoeg verwerken zodat de drains vrijwel permanent onder water lagen. De gemeten afvoeren waren zonder uitzondering zeer gering (0,7 mm per dag maximaal) en het zoutgehalte van het drainwater daalde tussen eind Januari en half Maart nauwelijks (van 5,4 tot 4,8 g NaCl per liter).

Het derde proefveld, OS 3, lag evenals OS 1 in de polder Oosterland. Het perceel bestond uit matig zware zavel naar beneden overgaand in zelfs voor Zeeuwse omstandigheden grof zand. De afstand tussen de drainreeksen bedroeg 18,5 m en op 60 m van de sloot lagen de beschouwde drains op 64 en 76 cm diepte.

De grondwaterstanden stegen nimmer hoger dan tot ongeveer 40 cm beneden maaiveld. Het proefveld werd bemonsterd op 12 December 1945 en op 14 Maart 1946. De neerwaartse waterpassage in de tussengelegen periode werd op ongeveer 110 mm berekend, waarvan een 12 mm voor rekening van uitzakkend water zou kunnen komen, indien wordt aangenomen dat het vochtverlies niet door indroging was veroorzaakt. Deze berekende waterpassage is aanmerkelijk lager dan de neerslag, die ruim 190 mm bedroeg. Watertransport in zijwaartse richting waardoor de berekening van de neerwaartse waterpassage zijn waarde zou kunnen verliezen was, bij grondwaterstanden die meestal beneden 60 cm onder maaiveld lagen, niet te vrezen. De verdamping kon in de beschouwde periode nooit groot zijn geweest – om de gedachten te bepalen, niet veel meer dan ± 35 mm – zodat slechts de veronderstelling restte dat een belangrijke bovengrondse afvoer (in de orde van ± 55 mm) moest hebben plaatsgevonden. Dit was inderdaad het geval. Het terrein, dat met de wiedmachine was bewerkt, verslempte

sterk en er stroomde zoveel slibhoudend water over het oppervlak naar de sloot, dat na December de half dichtgeslibde sloot het water niet meer kon verwerken, zodat de drainmondingen vrij vaak onder water kwamen.

De drains voerden op de dagen dat ze boven water lagen niet meer dan 0,5 mm per dag af. Het zoutgehalte van het drainwater was in het begin ongeveer 2,8 g NaCl per liter en aan het einde van de waarnemingsperiode was het na een tussentijdse stijging tot 3,2 weer tot 2,8 gedaald. Slechts twee voor dit proefveld grote afvoeren (1 mm per dag) werden gemeten, beide met een C-cijfer van ongeveer 1. De drainafvoer vlak na de vorstperiode kon niet worden gemeten (bij een op dit terrein verder nooit waargenomen grondwaterstand van 35 cm) maar op 14 Januari was de afvoer nog 1,5 mm met een normaal C-cijfer van 3,2.

Het proefveld OS 3 vertoonde dus – en zelfs in versterkte mate – hetzelfde beeld als OS 1. Een verslept oppervlak (in de laag van 2–4 cm bedroeg het poriënvolume 32 %!) voorkwam hoge grondwaterstanden en grote draindebieten. De vorstperiode had een gunstig maar kort durend effect op de doorlatendheid van de bouwvoor.

De hoge grondwaterstanden na de vorstperiode daalden snel. Slechts boven één der drains bleef de grondwaterstand hoog en wel tot de laatste dag waarop werd waargenomen (21 Maart). Even werd gemeend dat de drainreeks verstopt was geraakt, maar de debieten bleven gelijk en de grondwaterstanden op de naastliggende akkers daalden ook normaal. Vermoedelijk was de grondwaterstandsbuis zelf verstopt geraakt.

De overige proefvelden, één op Schouwen en drie op Tholen, gaven geen aanleiding tot commentaar, mede door de onvolledigheid van de waarnemingen. In elk geval kon een achteruitgang van de ontwateringstoestand nergens met zekerheid worden geconstateerd.

b. Standaardplekken

In totaal werden 85 standaardplekken bemonsterd (tot 80 cm) alsmede nog een vijftal plekken, dat als standaardplek dienst kon doen. Van deze 90 plekken vielen er enige af omdat de grond reeds te ver was ontzilt, waardoor geen betrouwbare berekeningen meer konden worden opgezet. Op enkele andere plekken liet de venige bodem de omrekening van A- en B-cijfers op W- en Z-cijfers niet toe. Bovendien waren van enkele plekken de cijfers minder bruikbaar doordat de herfstbemonstering wat te vroeg had plaatsgevonden.

Alvorens een bespreking van de op de standaardplekken verkregen gegevens aan de orde te stellen, zullen hieronder eerst enige cijfers volgen betreffende de neerslag in de waarnemingsperiode 1945 op 1946 (tabel 47).

Indien, bij wijze van oriëntering, eerst de gemiddelde cijfers van de eilanden waar de meeste plekken op lagen worden vergeleken, dan blijken deze gegevens elkaar niet zoveel te ontsien. De gemiddelde regenval was voor de drie eilanden, althans over de beschouwde perioden, vrijwel gelijk en wel 300 à 320 mm. De gemiddelde ontziltiging, uitgedrukt in mm waterpassage (aangenomen dat deze verticaal was), was op Overflakke rond 200 mm, op Zuidbeveland ongeveer 190 mm en op Schouwen-Duiveland ruim 165 mm.

Hoewel deze gemiddelden dus een redelijke overeenstemming vertoonden, bleken de verschillen tussen de diverse standaardplekken groot te zijn; zo groot dat ze niet uitsluitend aan de onnauwkeurigheid van de methode konden worden geweten. Deze ver-

TABEL 47. Neerslag in mm gedurende de ontziltingsperiode 1945 op 1946

Maand Month	Decade Decade	Dirksland	Noordgouwe	Tholen	Wilhelminadorp
Augustus 1945	I	45,7	35,2	42,9	25,7
„ 1945	II	4,4	11,5	9,0	9,3
„ 1945	III	8,8	27,1	9,5	16,3
September 1945	I	7,7	12,9	4,1	7,5
„ 1945	II	12,7	13,2	3,1	8,9
„ 1945	III	84,3	102,1	79,5	78,1
October 1945	I	3,3	3,4	2,4	0,9
„ 1945	II	3,8	2,8	0,9	2,9
„ 1945	III	19,0	25,6	34,0	23,0
November 1945	I	20,7	24,2	24,9	31,6
„ 1945	II	6,3	6,8	0,6	6,1
„ 1945	III	7,6	8,5	7,3	7,3
December 1945	I	17,6	17,5	23,2	22,4
„ 1945	II	8,7	13,5	11,9	9,9
„ 1945	III	38,4	30,7	45,2	36,0
Januari 1946	I	4,5	5,4	10,0	6,9
„ 1946	II	11,7	17,7	14,8	21,3
„ 1946	III	22,5	23,4	22,8	25,2
Februari 1946	I	39,6	52,3	73,8	62,6
„ 1946	II	5,9	4,3	3,7	6,7
„ 1946	III	27,0	37,8	38,5	31,6
Maart 1946	I	2,3	6,4	4,6	2,2
„ 1946	II	0	0	0	0
„ 1946	III	36,9	45,5	37,3	50,6
April 1946	I	3,0	4,2	4,5	2,2
„ 1946	II	6,3	4,8	10,7	8,5
„ 1946	III	7,2	14,3	10,9	14,4
Totaal (Total)		455,9	551,1	520,1	518,1

TABLE 47. Precipitation in mm during the desalinization period 1945/1946

schillen konden aanvankelijk slechts ten dele worden verklaard. Voor zover de gedachten die bij het zoeken naar verklaringen opkwamen de moeite van het formuleren waard leken, zijn ze in onderstaand overzicht van de onderzochte standaardplekken opgenomen.

De vier plekken op Voorne-Putten werden bemonsterd op 1 November 1945 en in de laatste week van April 1946. Deze voorjaarsbemonstering was zo laat dat niet meer was na te gaan of een, en zo ja, welk gedeelte van de 298 mm regen nodig was geweest om de vochtvoorraad van de grond op winterpeil te brengen. De grond was namelijk in April reeds een 40 mm droger dan in November, welk verschil, althans ten dele, aan verdamping moet worden geweten. De waterpassage werd berekend op ongeveer 160 mm, maar gezien de lage C-cijfers van het bodemvocht, ook onder in het profiel, was deze berekening allesbehalve betrouwbaar, terwijl bovendien een meetbare capillaire opstijging gedurende de maand April mogelijk moet worden geacht (tabel 31).

De vraag komt naar voren, waar dat deel van de neerslag is gebleven, dat niet door de grond is weggezakt. Dit deel omvat 140 mm (neerslag-waterpassage) + 40 mm (vochtverlies van de grond, hetzij veroorzaakt door uitzakking, hetzij door indroging, hetzij door beide) = 180 mm. Door de zeer late voorjaarsbemonstering is het moei-

lijk om te schatte hoe groot de verdamping is geweest, maar het is niet waarschijnlijk dat deze 180 mm ten volle zijn verdampt. Nu kan het zijn dat de berekening van de waterpassage ontoelaatbaar was, het is ook mogelijk datbovengrondse afvoer is opgetreden. De cijfers en waarnemingen waren in dit geval niet toereikend om in deze een uitspraak te doen.

Van de veertien voor verwerking in aanmerking komende plekken op Overflakkee, bemonsterd omstreeks 18 October 1945 en omstreeks 9 April 1946, was het vochtgehalte van de grond gemiddeld iets gedaald (5 mm). De waterpassage bedroeg gemiddeld 200 mm bij een regenval van 300 mm. Voor verdamping bleef dus over ± 100 mm, een bedrag dat redelijk wel met de te verwachten waarde overeenkwam.

Interessante gegevens verschaften de standaardplekken op het eiland Tholen. Deze plekken, vier in getal, werden bemonsterd omstreeks half Augustus, in het begin van November en in het laatst van Maart. De regenval over deze gehele periode bedroeg ongeveer 430 mm. Het is moeilijk om de verdamping over dit tijdvak te taxeren, maar wanneer mag worden aangenomen, dat de in Augustus, September en begin October gevallen regen nog voor een groot deel is verdampt, dan zal de verdamping wel bijna 200 mm hebben bedragen. Voorts werd een 30 mm neerslag binnen profieldiepte in de grond geborgen. Van de regen bleef dan nog ruim 200 mm beschikbaar voor neerwaartse waterpassage.

Nu vertoonden twee van de vier plekken in het geheel geen ontziltting. Tot aan de November-bemonstering was een kleine ontziltting opgetreden, die daarna weer te loor was gegaan (door diffusie vanuit de zoutere ondergrond?). Het W_{0-80} -cijfer was na begin November ook niet meer veranderd en bij de voorjaarsbemonstering was de ondergrond droog. Het profiel wekte de indruk dat er, althans na November vrijwel geen mm regen door de grond was gezakt en deze indruk, die door de cijfers werd bevestigd, moet wel juist zijn geweest. Op de droge ondergrond lag namelijk, met een scherpe overgang, een bouwvoor, die de slechtste structuur vertoonde die men zich kon denken: een stopverfachtige brei. De sterke slibafzetting in de sloten rond de percelen waarop de standaardplekken lagen, wees erop dat het bovengronds afgestroomde regenwater ook nog heel wat slibdeeltjes had meegenomen.

Dergelijke percelen trof men op Tholen zeer veel aan. Toen de winter inzette, waren grote delen van Tholen reeds ver ontzilt en spoedig na de eerste regens trad een ernstig structuurverval in.

De derde plek toonde nog enige waterpassage (40 mm). Mogelijk was hier de structuur door het gewas wintertarwe, dat trouwens door verslemping en wateroverlast na genoeg te gronde ging, nog gedurende korte tijd voor al te sterk verval behoeft.

De vierde plek bleef met een ontziltting van een kleine 200 mm niet ver beneden de geschatte maximale waterpassage. Deze plek lag op een voormalig weiland, dat, zoals gebruikelijk, geen enkel teken van structuurverval vertoonde.

Een andere, hier niet verder besproken monsterplek (de „herfst“-bemonstering werd op deze plek al in Juli uitgevoerd), had voor de inundatie kunstweide gedragen. Ook hier geen aanwijzingen voor een verval van de structuur en ook hier een ontziltting (230 mm) in de buurt van de theoretisch mogelijk geachte waarde.

De standaardplekken op Zuidbeveland vielen uiteen in drie groepen. Van twee plekken in de Ierseke Moer werden de gegevens niet verwerkt, omdat het profiel geen berekeningen toeliet. Voorts lagen er zes plekken in de Willem-Annapolder; deze werden bemonsterd ongeveer half Augustus, eind October, op 19 November en rond 1 Maart. Tussen half Augustus en eind October werd behalve een duidelijke verhoging van het

vochtgehalte een lichte ontzilting geconstateerd, hetgeen overeenstemde met waarnemingen die in dezelfde periode op andere plekken werden gedaan. Ook bij de volgende bemonsteringen was de grond steeds nog weer enigszins natter geworden. Zo werd tussen 22 October en 1 Maart van een regenval van bijna 330 mm een 60 mm in de grond geborgen. Een gemiddelde waterpassage van nagenoeg 200 mm kwam dan ook wel overeen met het maximum dat men had mogen verwachten. Al deze plekken waren begroeid, vier ervan droegen een goed gewas lucerne en twee waren bezaaid met winter-tarwe die eveneens goed stond; bovendien waren de plekken begipst. De combinatie van deze factoren voorkwam nagenoeg alle verslemping van de bouwvoor.

Met betrekking tot de toeneming van het vochtgehalte van de grond met 60 mm, moet nog wel worden opgemerkt, dat deze hoeveelheid niet nodig is geweest ter aanvulling van het vochtdeficit van de grond. Tijdens de Maart-bemonstering waren de grondwaterstanden hoog, waardoor in deze 60 mm ongetwijfeld enig zakwater is begrepen.

De acht plekken in de polder Hoedekenskerke werden bemonsterd in de tweede helft van Augustus, rond 23 October, op 30 November en omstreeks 12 Maart. De cijfers vertoonden meer variatie dan die van de Willem-Annapolder. Tussen de October- en de Maart-bemonstering viel ongeveer 350 mm regen. Hiervan werd een 50 mm gebruikt (hoofdzakelijk in de maand November) voor aanvulling van de vochtvoorraad in het bemonsterde profiel. De gemiddelde waterpassage van vijf van de plekken was hoog, rond 200 mm. De overige drie hadden een gemiddelde waterpassage van slechts 120 mm. Hoewel dit cijfer niet erg betrouwbaar was (de grond was reeds verontzilt) bleek er toch wel uit dat er heel wat neerslag was „zoek” geraakt. Van verslemping was op deze plekken niet veel te bespeuren, zodat bovengrondse afvoer zeker niet alleen de reden kon zijn van het deficit in de berekeningen en slechts de conclusie restte dat zijwaartse waterbeweging binnen profieldiepte moet zijn opgetreden.

Op Walcheren lagen vijf plekken: drie in het westelijk deel en twee in de Grenadierpolder. Van de eerste drie werd er één bemonsterd op 12 November en twee op 14 December. De eindbemonstering viel voor alle drie op 25 Februari. De eerste plek toonde een waterpassage van 117 mm (bij 230 mm regen), door de andere was gemiddeld 132 mm gepasseerd bij een regenval van 183 mm. De veranderingen in het vochtgehalte van de profielen waren te verwaarlozen en de verslemping van het oppervlak maakte bovengrondse afvoer waarschijnlijk.

De plekken in de Grenadierpolder werden meermalen bemonsterd en verdienen wel wat extra aandacht. Beide lagen op niet gedraineerde percelen en waren reeds in de winter van 1944 op 1945 drooggevalen (WESTERHOF, 1947). De plek Gr 1 was hooggelegen, verder ontzilt dan Gr 2 en had in 1945 een half gewas bieten opgebracht. Na de bieten werd tarwe gezaaid. De grond had in September nog een vrij sterk gescheurde bouwvoor. Het profiel zag er ten aanzien van de ontzilting gunstig uit. Gr 2 lag lager en was, althans bovenin, zouter dan Gr 1. Deze plek werd in de zomer van 1945 bezaaid met lucerne, die voor het grootste deel afstierf (dit was te verwachten bij een C-cijfer 20 in de laag 0-10 cm), kort na de opkomst. In Augustus werd opnieuw gezaaid en het perceel ging de winter in met een tweewassige slechte lucerne, die reeds vroeg in het voorjaar van 1946 geheel onder het onkruid raakte.

De bemonsteringen vonden plaats op 4 September, 6 November en 23 December 1945 en op 24 April 1946. De door deze bemonsteringen verkregen gegevens staan vermeld in tabel 48.

De verhoging van het vochtgehalte van de grond vond grotendeels plaats vóór 6

November. (Tijdens de Septemberbemonstering van Gr 1 zijn enkele monsters enigszins ingedroogd, zodat de 61 mm vochtverlies wel te hoog zullen zijn.) Na 23 December droogde de grond op beide plekken merkbaar in.

TABEL 48. Standaardplekken, Grenadierpolder, Walcheren, 1945 op 1946. Vochthuishouding van de plekken Gr 1 en Gr 2 gedurende de wintermaanden.

Plaats van bemonstering	Gr 1	Gr 2	Gr 1	Gr 2	Gr 1	Gr 2	Place of sampling
Waarnemingsperiode . .	4-9-'45 tot 6-11-'45		6-11-'45 tot 23-12-'45		23-12-'45 tot 24-4-'46		<i>Period of observation</i>
Regenval in mm	186		59		266		<i>Precipitation in mm</i>
Stijging vochtvoorraad in mm	61	34	4	5	-37	-29	<i>Increase of moisture in mm</i>
Neerwaartse waterpassage in mm	38	0	41	35	59	139	<i>Downward waterpassage in mm</i>

TABLE 48. Sampling spots, Grenadierpolder, Walcheren, 1945/1946. Moisture relationships on the spots Gr 1 and Gr 2 during the winterperiod.

Gr 1 ontzilte reeds vóór November een weinig. Wellicht kon een deel van het regenwater door de scheuren gemakkelijk tot wegzakking komen. De rest van de neerslag in deze periode zal wel verdampt zijn. Op 6 November had Gr 1 al een enigszins verslemt oppervlak. De ontziling was hier wat verder voortgeschreden dan op Gr 2, maar de voornaamste reden voor het structuurverval zal wel zijn geweest het vele werken in de grond terwille van de bietenoogst en van het tarwe zaaien. Toch heeft ook deze plek in de volgende periode – evenals Gr 2 – de, trouwens geringe, neerslag nog kunnen verwerken, want de waterpassage was zo hoog als men, gezien de regen, kon wensen. Maar op 23 December stonden op Gr 1 plasjes, die allengs groter werden en van de neerslag die na December is gevallen, werd het grootste deel bovengronds afgevoerd. De structuur op Gr 2 hield het beter. De geringere ontziling vertraagde het optreden van de verslemping en de lucerne alsmede het onkruid belemmerden tezamen de bovengrondse afvoer zozeer, dat nog een waterpassage van bijna 140 mm kon worden geconstateerd.

Ten slotte resteren nog de standaardplekken op Schouwen-Duiveland. Voor zover deze plekken al wat langer droog lagen, waren ze in de maand Augustus nog eens bemonsterd, de overige – 20 in getal – werden in Augustus of begin September voor het eerst bemonsterd. Tussen deze bemonstering en de volgende trad een geringe verhoging van de vochtcijfers en reeds enige ontziling in. De herfstbemonstering viel tussen 27 September en 6 November; de voorjaarsbemonstering vond plaats tussen 7 en 27 Maart.

Gemiddeld voldeed de berekende neerwaartse waterbeweging in deze plekken niet geheel aan de verwachtingen. Bij een gemiddelde regenval van rond 300 mm en een vergroting van de vochtvoorraad met ruim 15 mm was een gemiddelde waterpassage van ruim 165 mm wel enigszins beneden de theoretisch mogelijke. Dat de waterpassage plek voor plek nogal varieerde, kwam ten dele door de uiteenlopende bemonsteringsdata. Mede hierdoor was de neerslag op de verschillende plekken nogal ongelijk (van 256 tot 356 mm). Maar zelfs indien deze neerslagverschillen in aanmerking werden genomen en indien rekening werd gehouden met de grotere of kleinere betrouwbaarheid

van de cijfers van elke plek, dan nog bleven er markante verschillen in de berekende waterpassage bestaan. Op een deel van de plekken kon de geringe waterpassage worden geweten aan bovengrondse afvoer ten gevolge van verslemping van de bouwvoor.

Er is getracht na te gaan welke omstandigheden de verslemping in de hand werkten, doch de pogingen om verklaringen te vinden voor de verschillen in structuurverval waren niet bijzonder succesvol. De toestand waarin de grond onder water ging (stop-pel, wintervoor, tarwe, koolzaad) bleek geen merkbare invloed te hebben: slechts al dan niet gescheurd grasland was beslist vrij van structuurverval. Op lichte gronden leek de verslemping iets eerder te beginnen, hoewel anderzijds tal van lichte gronden toch nog een zeer goede ontziltig te zien gaven. Er was eveneens een flauwe aanwijzing dat de gronden die reeds in het begin van de winter minder zout waren, wat eerder verslempden. De enige waarneming die weinig twijfel liet, was dat grondbewerking vóór of tijdens de winter de ineenstorting van de structuur in de hand werkte. Er was één plek die in de loop van de winter werd begipt en deze vertoonde een goede ontziltig.

Overigens werd tijdens het onderzoek naar de oorzaken van de verslemping wel duidelijk, dat het ondoorlatend worden van de bouwvoor niet de enige oorzaak kon zijn van de hier en daar gevonden slechte ontziltig. Ook de ontwateringstoestand van de percelen speelde een rol. Dit was te verwachten op die percelen, waar de grondwaterstand tot boven maaiveld steeg en water bovengronds tot afvoer kwam. Maar er waren ook plekken, waar de ontwatering te wensen overliet, hoewel hier geen plasvorming optrad. Dit waren plekken waar ten gevolge van minder doorlatende lagen in de ondergrond hoge grondwaterstanden optraden, waarbij water door de veel doorlatender bovengrond wegstroomde naar greppels, drainsleuven of sloten. Uit doorlatendheidsmetingen was gebleken dat de klei onder de in vele profielen voorkomende veenlagen veelal slecht doorlatend was. Het veen zelf was – althans als het autochthoon veen was – soms behoorlijk doorlatend, maar de op het veen liggende kleilaag was, vooral in het geval dat de klei een hoog percentage afslibbare delen had en de laag niet vlak onder de bouwvoor lag, althans onderin slecht doorlatend.

De hiervoor genoemde waterbeweging in zijwaartse richting maakt berekeningen over de „neerwaartse” waterbeweging ontoelaatbaar, althans indien men aan de cijfers conclusies wil verbinden met betrekking tot de hoeveelheid regen die tijdens een waarnemingsperiode de grond is binnengedrongen. De cijfers kunnen natuurlijk nog wel dienst doen om de ontziltingssnelheid van verschillende plekken te vergelijken.

Er moge nog even aan worden herinnerd (men zie verder hoofdstuk I) dat de waterpassage werd berekend met behulp van de meestal hoge C-cijfers van de laag 60–80 cm. Het in zijwaartse richting afgevoerde water had echter, vooral aan het eind van de winter, een veel lager C-cijfer. Dientengevolge werd voor de waterpassage een te lage waarde berekend, indien een ondoorlatende ondergrond in de bovenste 80 cm van de grond een zijwaarts gericht watertransport veroorzaakte.

Nu deden zich in het geïnundeerde gebied verschillende mogelijkheden voor. Het gemakkelijkste geval vormden de plekken die tot een behoorlijke diepte doorlatend waren en die geen verslemping – en bij gevolg geen bovengrondse afvoer – te zien gaven. Werd voor een dergelijke grond (plek NV 1, tabel 49) de gebruikelijke berekening toegepast, dan werd voor de verdamping een betrouwbare waarde gevonden. Indien een grond met een soortgelijk profiel een geringe waterpassage vertoonde, dan was slechts één conclusie mogelijk, nl. dat water bovengronds was afgevoerd (plek BB1, tabel 49).

De combinatie: geen bovengrondse afvoer maar wel een geringe ontziltig (voor

oud grasland geen ongebruikelijke toestand) wees op waterpassage in zijwaartse richting (plek Sc 1, tabel 49). Aangezien dank zij plekken als NV1 de verdamping ruwweg bekend was, kon wel worden berekend hoeveel regenwater via de grond moest zijn afgevoerd. Dit gegeven schied dan de mogelijkheid om ten aanzien van deze waterpassage een soort nuttig effectcoëfficiënt te berekenen.

Met plekken waar, gezien de profielopbouw, een zijwaartse waterbeweging kon worden verwacht en waar bovengrondse afvoer werd geconstateerd, was in geen enkel opzicht iets te beginnen (plek S 19, tabel 49).

TABEL 49. Standaardplekken, Schouwen-Duiveland en Tholen, 1945 op 1946. Vochthuishouding van de plekken NV 1, BB 1, Sc 1 en S 19 gedurende de wintermaanden.

Plaats van bemonstering	NV 1	BB 1	Sc 1	S 19	Place of sampling
Waarnemingsperiode	17-10-'45 tot 26-3-'46	27-9-'45 tot 26-3-'46	8-11-'45 tot 19-3-'46	5-11-'45 tot 26-3-'46	Period of observation
Regenval in mm	285	355	265	305	Precipitation in mm
Stijging vochtvoorraad in mm	60	0	10	15	Increase of moisture in mm
Berekende neerwaartse waterpassage in mm	160	140	160	115	Downward waterpassage in mm (calculated)
Geschatte neerwaartse waterpassage in mm	160	140	200	?	Downward waterpassage in mm (estimated)
Berekende verdamping inclusief eventuele bovengrondse afvoer in mm	65	215	95	175	Evaporation in mm (calculated); possible runoff included
Geschatte verdamping inclusief eventuele bovengrondse afvoer in mm	±80	?	±55	?	Evaporation in mm (estimated); possible runoff included
Geschatte verdamping in mm	±80	±110	±55	±65	Evaporation in mm (estimated)
Bovengrondse afvoer in mm	0	±105	0	?	Runoff in mm

TABLE 49. Sampling spots, Schouwen-Duiveland and Tholen, 1945/1946. Water relationships on the spots NV 1, BB 1, Sc 1 and S 19 during the winterperiod.

In geval van zijwaarts watertransport binnen profiel diepte kunnen de onderste lagen soms een zeer trage ontziltting te zien geven. Dit is het gemakkelijkst vast te stellen aan de hand van een grafiek waarin de lijnen zijn getekend, die het verband aangeven tussen de C-cijfers en de diepte. Voor alle 37 standaardplekken van Schouwen-Duiveland werden bedoelde lijnen getekend. Voor enige profielen was inderdaad de geringe ontziltting van de onderste lagen opvallend. In een groter aantal gevallen was een abnormaal verloop van de lijn het gevolg van de zoutverdeling over het profiel aan het begin van de winter, gecombineerd met een – ten gevolge van de verslemping van het grondoppervlak – matige ontziltting. Een vijftal lijnen is weergegeven in figuur 11. De betekenis van deze lijnen zal hier nog even worden verduidelijkt.

S 3, S 5 en J 1 zijn te beschouwen als opeenvolgende stadia van een normale ontziltting. Van het voor de winter aanwezige zout is in deze plekken nog aanwezig respectievelijk 68, 56 en 27 %. S 13 is een plek waarvan de onderste laag zouter is gebleven

FIG. 11. Standaardplekken, Schouwen-Duiveland, 1946. Verband tussen het C-cijfer en de diepte op enkele plekken in Maart 1946.

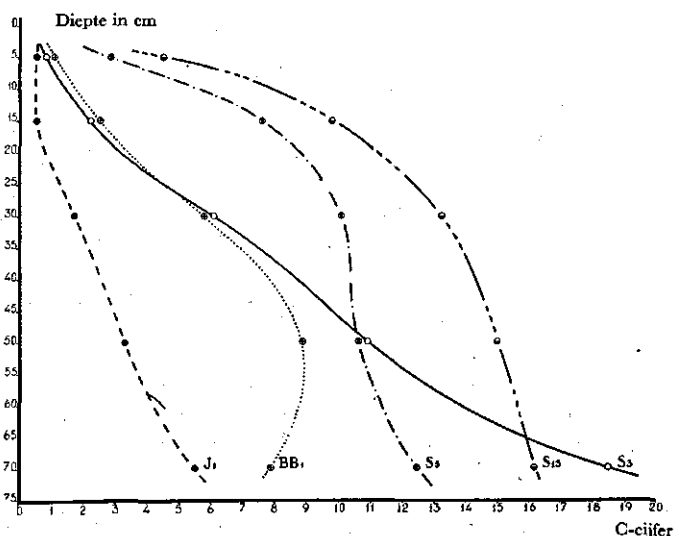


FIG. 11. Sampling spots, Schouwen-Duiveland, 1946. Relation between the C-figure and the depth on some spots in March 1946.

dan normaal. S 13 lag op een perceel, dat tot ruim 1 m diepte uit zware (30 % lutum) klei bestond, die beneden 50 cm een vrijwel ondoorlatende indruk maakte. Dergelijke lijnen waren echter zeldzaam; blijkbaar kwamen de ondoorlatende lagen meestal pas op grotere diepte voor. Lijnen van het type BB 1 waren veel algemener. Dit betrof dan plekken, waar – ten gevolge van capillaire opstijging – de toplaag in de nazomer van 1945 een hoog C-cijfer vertoonde. Dit hoge C-cijfer werd gedurende de winter naar beneden verplaatst, waarbij het tevens lager werd (VERHOEVEN, 1945). In geval van een slechts matige waterpassage geraakte deze top niet geheel beneden profiel diepte, waardoor de knik in de lijn die het verband van het C-cijfer met de diepte weergeeft, in Maart nog bestond. BB 1 had eind Augustus 1945 in de laag van 0–10 cm een C-cijfer van 34,5 en in de overige lagen C-cijfers van ± 13 . Halverwege de winter werd het perceel waarop de plek lag geploegd, waarna de grond snel en in hevige mate verslempte. Hierdoor werd de waterpassage belemmerd (het zoutverlies over de gehele winter bedroeg 44 %) en werd de invloed van het oorspronkelijke C-cijfer van de toplaag op het ontziltingsbeeld niet geheel uitgewist.

Bij de bestudering van de verplaatsing van het hoge C-cijfer uit de toplaag naar beneden werd nogmaals de aandacht gevestigd op het feit dat de regen, althans in de herfstmaanden – het ging hier om de periode tussen eind Augustus en half October à half November –, in de bovenste 10 cm zeer vaak, in de bovenste 20 cm vaak en zelfs in de bovenste 40 cm een enkele keer, passeerde zonder zijn ontzilten werking ten volle te ontplooiën. De tussenbemonsteringen in October en November toonden namelijk veelal (met zekerheid in 21 gevallen en min of meer twijfelachtig in vier gevallen, op een totaal van 37 plekken) dat in de ondergrond de C-cijfers daalden, ondanks het feit dat de bovengrond hogere C-cijfers vertoonde dan de ondergrond. Tabel 50 geeft één van de 21 voorbeelden.

Overigens was bij de bemonsteringen na de winter een eventueel hoog C-cijfer uit de

TABEL 50. Standaardplek S 18, Schouwen-Duiveland, 1945 op 1946. Verloop van de C-cijfers tot 80 cm diepte gedurende de herfst en de winter.

Datum van bemonstering <i>Date of sampling</i>	7-9-'45	5-11-'45	26-3-'46
Laag in cm: <i>Layer in cm:</i>			
0-10	64,0	29,4	0,4
10-20	21,1	39,2	0,9
20-40	20,6	25,8	2,3
40-60	20,2	16,3	8,7
60-80	19,2	16,5	15,0

TABLE 50. *Sampling spot S 18, Schouwen-Duiveland, 1945/1946. Changes in C-figures in the upper 80 cm during autumn and winter.*

toplaag in elk geval tot beneden 40 cm verschoven. Onverwachte knikken in de lijnen die het verband weergaven tussen de C-cijfers en de diepte kwamen boven 40 cm niet voor. Het geleidelijke verloop van deze lijnen boven in de grond blijkt ook uit tabel 51.

TABEL 51. Standaardplekken, Schouwen-Duiveland, 1946. Verband tussen het C-cijfer in de laag 0-10 cm en het C-cijfer in de laag 10-20 cm in Maart 1946. Hetzelfde verband voor de lagen 10-20 cm en 20-40 cm.

Traject van de C-cijfers in de laag <i>Range of the C-figures in the layer</i>	Gemiddeld C-cijfer in de laag <i>Mean C-figure in the layer</i>		Verschil tussen <i>Difference between</i>	Aantal waarnemingen <i>Number of observations</i>
0-10 cm	0-10 cm (1)	10-20 cm (2)	(1) en (2)	
0-1,0	0,5	$1,1 \pm 0,15$	0,6	20
1,1-2,0	1,3	$3,3 \pm 0,43$	2,0	10
2,0-4,5	3,1	$7,5 \pm 0,64$	4,4	7
10-20 cm	10-20 cm (3)	20-40 cm (4)	(3) en (4)	
0-1,0	0,6	$2,0 \pm 0,29$	1,4	10
1,1-3,0	1,8	$6,1 \pm 0,42$	4,3	15
3,5-5,5	4,4	$9,5 \pm 0,54$	5,1	6
6,5-10,0	9,8	$13,2 \pm 1,11$	3,4	6

TABLE 51. *Sampling plots, Schouwen-Duiveland, 1946. Relation between the C-figures in the layers 0-10 cm and 10-20 cm in March 1946. The same relation for the layers 10-20 cm and 20-40 cm.*

Tabel 51 toont aan dat indien het C-cijfer in de laag 0-10 cm een zeer lage waarde heeft bereikt, ook het C-cijfer in de laag 10-20 cm sterk is gedaald, zodat in dit gebied de lijnen in figuur 11 vrijwel verticaal lopen. Bij stijgende waarden van het C-cijfer in de toplaag nemen ook de C-cijfers van de laag 10-20 cm toe en wel veel sneller dan in de laag 0-10 cm. Daardoor krijgen de lijnen steeds meer een richting als die van S 3. Voor het verband tussen de C-cijfers van de lagen 10-20 cm en 20-40 cm geldt iets soortgelijks. Een zeer laag C-cijfer in de laag 10-20 cm impliceert een eveneens zeer

laag C-cijfer in de laag 20–40 cm. Bij stijging van het C-cijfer in de laag 10–20 cm wederom een snellere stijging in de laag 20–40 cm. Ten slotte dalen waarschijnlijk bij hoge waarden van het C-cijfer in de laag 10–20 cm de verschillen tussen de beide lagen weer, omdat dergelijke waarden wijzen op een geringe ontzilting van de laag 10–20 cm, zodat grote verschillen met de volgende laag ook niet zijn te verwachten.

Overigens blijkt in elk geval uit tabel 51 dat de voorjaars C-cijfers van de laag 10–20 cm een redelijk verband te zien geven met de C-cijfers van de laag 20–40 cm. Dit was vooral verheugend omdat bij de zoutkarteringen de C-cijfers van de laag 5–20 cm moeten dienen als maatstaf voor de ziltigheid van het gehele profiel. Wanneer men zich voorstelt dat het gewas zich voornamelijk uit de bovenste 40 cm van water voorziet, dan is, gezien tabel 51, het C-cijfer van de laag 5–20 cm wel een bruikbare maat voor het gemiddelde C-cijfer tot 40 cm diepte. Hiermede zijn dan tevens de zoutkarteringen aan de orde gekomen.

c. Zoutkarteringen

In de gebieden die reeds in 1944 of in de eerste helft van 1945 droogvielen, werden – voornamelijk door de Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst – in de loop van 1945 zoveel monsters genomen dat in het voorjaar van 1946 met een beperkte zoutkartering kon worden volstaan. Slechts op Walcheren was een zeer uitgebreide zoutkartering noodzakelijk.

Een globaal overzicht van de C-cijfers in het voorjaar van 1946 biedt bijlage 1 (pag. 201).

Op de Zuidhollandse eilanden (uitgezonderd Goeree-Overflakkee) werden in Juni 1945 ruim 400 en in Augustus 1945 nog eens rond 380 monsters genomen. Van deze laatste monsters had 89 % een C-cijfer kleiner dan 6,1 en 32 % had zelfs een C-cijfer beneden 3,1. (Er mag – wellicht ten overvloede – nog even aan worden herinnerd dat de C-cijfers van de zoutkarteringen alle betrekking hebben op de laag 5–20 cm). De C-cijfers boven 6,1 lagen nagenoeg alle beneden 8. Bovendien waren de monsters die C-cijfers leverden boven 6,0 bijna zonder uitzondering afkomstig uit enkele polders op Voorne-Putten. Gezien deze lage cijfers en gezien het feit dat bij deze lage C-cijfers een belemmering van de waterpassage door de grond ten gevolge van structuurverval niet of nauwelijks viel te duchten, zal het niet verbazen dat in het voorjaar van 1946 een zeer kleine zoutkartering voldoende was om die gebieden te omgrenzen, waar men op zoutschade aan de gewassen bedacht moest zijn.

Op Flakkee werd in het begin van Juni 1945 een oriënterende bemonstering uitgevoerd (72 monsters). Daarna volgde een detailbemonstering (247 monsters) die tot begin Augustus voortduurde. In de vanuit het Haringvliet geïnundeerde polders lag het overgrote deel der C-cijfers beneden 6,1. In de zuidelijker gelegen polders werden overwegend waarden aangetroffen tussen 6,0 en 20. Dank zij deze kennis behoefde ook hier in het voorjaar van 1946 geen omvangrijke kartering te worden uitgevoerd. De 320 monsters werden reeds in de eerste helft van Januari 1946 genomen. In de vanuit het Noorden geïnundeerde polders lagen zogoed als alle C-cijfers beneden 3,1; 49 % der cijfers lag zelfs beneden 1,1. Slechts in een viertal langs Krammer en Grevelingen gelegen polders werden nog C-cijfers hoger dan 6,0 aangetroffen.

Op Schouwen-Duiveland lag de situatie iets ongunstiger. In de eerste plaats was dit eiland geheel met zeewater overstroomd geweest en in de tweede plaats kon worden verwacht dat de ontzilting – ten gevolge van de sterk uiteenlopende bodemgesteldheid

– niet overal even snel voortgang zou vinden. Van 8 tot 11 Augustus 1945 vond een zoutkartering plaats, waarbij ongeveer 470 monsters werden genomen. Tijdens deze bemonstering stond een deel van het waterschap Schouwen nog onder water, zodat uit dit gebied geen cijfers werden verkregen. Het overgrote deel der C-cijfers lag boven 10,0. Slechts enige hoge percelen en enkele vroeg drooggevalen polders (o.a. de Bommenedepolders) vertoonden lagere cijfers. Teneinde het verloop van de C-cijfers enigszins te kunnen vervolgen werd een dertigtal plekken bemonsterd op 1, 2 en 3 October en op 12 en 13 December. Het gemiddeld C-cijfer in de laag 5–20 cm van deze plekken daalde in de genoemde periode van 21,1 op 11,4. Bovendien werden de standaardplekken gedurende de winter nog tweemaal tot 20 cm bemonsterd. Bij de tweede bemonstering – die in begin Februari plaats vond – waren buiten de polder Schouwen de C-cijfers van de laag 10–20 cm gedaald tot gemiddeld 3,5 en in de polder Schouwen tot gemiddeld 5,3.

Hoewel op deze wijze dus wel enig inzicht was verkregen in de daling der C-cijfers, kon een zoutkartering niet worden gemist. Anderzijds waren de C-cijfers toch al wel zover gedaald dat, mede door de terreinkennis van de assistenten van de Rijkslandbouwoorlichtingsdienst, dikwijls voor vrij grote gebieden met één monster kon worden volstaan. In totaal werden op Schouwen-Duiveland een kleine 950 monsters (dat is 1 per 14 ha) genomen.

De resultaten van deze zoutkartering werden ingetekend op een kaart, schaal 1 op 25000. Uit deze kaart bleek dat in het gebied ten Oosten van de polder Schouwen de terreinen met C-cijfers beneden 1,1 en die met C-cijfers tussen 1,0 en 3,1 veruit in de meerderheid waren. C-cijfers boven 6,0 kwamen voornamelijk voor langs de zeedijken en langs de oevers van een aantal binnengedijkte kreken. In het algemeen vertoonde geïnundeerd grasland enigszins hogere C-cijfers dan geïnundeerd bouwland. De minder goede ontzilting was overigens geen kenmerkende eigenschap van grasland, maar meer een gevolg van het feit dat juist percelen met, ten aanzien van de ontzilting, minder gunstige eigenschappen in gras lagen.

In de polder Schouwen was de ontzilting minder ver gevorderd. In het oostelijk gedeelte van deze polder was de ontzilting weliswaar zeer grillig, maar toch nog niet zo slecht. In het uiterste Westen overheersten percelen met C-cijfers tussen 3,0 en 6,1. Daartussen lag echter een strook van rond 1000 ha met een zeer slechte ontzilting; dit was het gebied begrensd door de weg van Serooskerke naar Brijdorpe, de weg van Brijdorpe naar Nieuwerkerk, de Taayerweg en de zuidelijke polderdijk. Binnen deze omgrenzing werden zelfs bijna uitsluitend C-cijfers boven 10,0 aangetroffen. Voor een globaal overzicht van de ontziltingstoestand op Schouwen-Duiveland in het voorjaar van 1946 moge worden verwezen naar kaart 1.

In de gebieden die reeds vóór of in de winter van 1944 op 1945 waren drooggevalen – Tholen, St-Philipsland, West-Brabant, Zuidbeveland, Noordbeveland en Zeeuws-Vlaanderen – werden slechts weinig monsters genomen. Uit Zeeuws-Vlaanderen bijvoorbeeld kwam slechts een tachtigtal monsters binnen. Voor zover uitvoeriger zoutkarteringen werden verricht, hadden deze vaak een speciaal doel. Zo werd de Theodoruspolder, een kleine polder (ongeveer 150 ha) in West-Brabant ten Noordwesten van Bergen op Zoom, zeer intensief bemonsterd (136 monsters) om eens een wat beter beeld te krijgen van de gelijkmatigheid van de ontzilting binnen één polder. Deze polder was ook in het voorjaar van 1945 reeds bemonsterd, zij het minder intensief (40 monsters). De voortgang van de ontzilting blijkt uit tabel 52. Overigens was de ontzilting plek voor plek zeer ongelijk. Op één plek was het C-cijfer afgenomen van 15,4 tot

3,7, op een andere slechts van 12,5 tot 11,0. Op deze onregelmatige ontzilting wordt in de volgende paragraaf nog teruggekomen.

TABEL 52. Theodoruspolder, West-Brabant, 1945 en 1946. Procentuele verdeling over vier groepen van de C-cijfers verkregen bij de zoutkarteringen in voorjaar 1945 en in voorjaar 1946.

C-cijfer groepen	0 t/m 1,0	1,1 t/m 3,0	3,1 t/m 6,0	>6,0	Range of C-figures
Zoutkartering voorjaar 1945	2,5	32,5	45	20	<i>Samples taken in spring 1945</i>
Zoutkartering voorjaar 1946	81	13	5	1	<i>Samples taken in spring 1946</i>

TABLE 52. Theodoruspolder, West-Brabant, 1945 and 1946. Percentages of samples taken in spring 1945 and in spring 1946 classified according to their C-figures.

De omvangrijkste taak lag op Walcheren. Hier was de grond laat en bovendien op zeer verschillende tijdstippen drooggevalen. Daar kwam nog bij dat op Walcheren sterk uiteenlopende profieltypen voorkomen, die ongelijk snel ontziltten. Het kan dan ook geen verbazing wekken dat uit 12600 ha geïnundeerde Walcherse grond (in de Zuidwatering werden practisch geen monsters genomen) circa 8500 monsters kwamen (dat is 1 per 1,5 ha).

Dit grote aantal monsters was nodig ondanks het feit dat, ter verkrijging van enig inzicht in het tempo van de ontzilting, 64 plekken gedurende de winter driemaal waren bemonsterd. Een deel van deze plekken werd voor het eerst bemonsterd in November. Het gemiddeld C-cijfer van de laag 5-20 cm bedroeg voor deze plekken 20,2. Een tweede serie werd in de eerste helft van December bemonsterd en toonde een gemiddeld C-cijfer van 17,9.

Een groot deel der plekken (44) werd voor de tweede maal bemonsterd in de eerste helft van Februari. Het gemiddeld C-cijfer was toen gezakt tot 6,1, maar er kwamen zowel cijfers beneden 1,0 als cijfers boven 14,0 voor. Enkele gebieden met een goede ontzilting konden worden aangegeven, maar in vele gebieden was het ontziltingsbeeld zo grillig dat een intensieve zoutkartering niet kon worden gemist.

Ook van deze zoutkartering zijn de resultaten in kaart gebracht. Enerzijds is deze kaart gedetailleerder dan die van Schouwen omdat veel meer monsters werden genomen, anderzijds waren de cijfers vaak moeilijk onderling vergelijkbaar omdat de bemonstering nogal lang duurde (twee maanden) en er tijdens deze periode nog tamelijk veel regen viel. Weliswaar werden de cijfers zo goed mogelijk op één datum omgerekend, maar deze correctie bleef een onzeker element.

Het uiteindelijke kaartbeeld was zeer grillig en in het algemeen weinig hoopgevend. De percelen met C-cijfers tussen 6,0 en 10,1 en met C-cijfers boven 10,0 waren veruit in de meerderheid. Vooral de poelgronden vertoonden bijna zonder uitzondering hoge cijfers. Een beschrijving van het kaartbeeld levert in grote trekken het volgende: Goed ontzilt (C-cijfers overwegend beneden 3,1): de plaatgronden nabij Vrouwenpolder en een deel van de kreekruggronden o.a. de rug van iets ten oosten van Domburg naar Westkapelle, de rug van Oostkapelle over Grijskerke naar Meliskerke en de rug van Middelburg naar Koudekerke. Van de overige kreekruggronden was de ontzilting niet zo gelijkmatig goed. Zeer grillig maar gemiddeld niet slecht ontzilt was het gehele westelijke deel van het eiland (bewesten de lijn Domburg, Aagtekerke, Mariekerke,

Biggekerke). Op de rest van het eiland overheersten de C-cijfers hoger dan 10,0. Een oriënterend overzicht van de ontziltinstoestand van het eiland Walcheren in het voorjaar van 1946 geeft bijlage 2 (pag. 202).

Resumerend kan worden opgemerkt dat de winter 1945 op 1946 had geleerd dat:

1. Ontwateringsproefvelden op zoute gronden zeer belangwekkende gegevens konden verschaffen betreffende de vochtuishouding van de grond.
2. De neerwaartse waterpassage in deze winter maximaal een 200 à 250 mm kon bedragen.
3. De neerwaartse waterbeweging niet zelden werd belemmerd door verslemping van de bouwvoor en soms ook door slecht doorlatende lagen dieper in het bemonsterde profiel.
4. Het overgrote deel van het inundatiegebied in Zuidwest-Nederland in het voorjaar van 1946 lage C-cijfers vertoonde. Uitzonderingen vormden een brede strook in de polder Schouwen en belangrijke gedeelten van het eiland Walcheren.

4. WAARNEMINGEN VERRICHT GEDURENDE DE WINTER 1946 OP 1947

In de herfst van 1946 werden na lang zoeken – geschikte terreinen waren schaars – zes ontwateringsproefvelden aangelegd op het eiland Walcheren.

Het aantal standaardplekken was gedaald van 85 tot 58. Hiervan lagen er 27 op Schouwen-Duiveland en 13 op Walcheren. De overige lagen verspreid over Goeree-Overflakke, Tholen en Zuidbeveland. Van de oorspronkelijke 16 plekken op Zuidbeveland werden er 12 niet meer bemonsterd; een viertal nieuwe – gelegen in de Oost-Bevelandpolder – werd aan de serie toegevoegd. Door de reeds in de vorige paragraaf genoemde oorzaken konden niet van alle plekken de gegevens worden verwerkt.

Er werd slechts één belangrijke zoutkartering uitgevoerd en wel in de Zuidwatering op Walcheren. In de overige inundatiegebieden waren of de C-cijfers reeds in de winter van 1945 op 1946 zover gedaald dat hernieuwde bemonsteringen weinig zin meer hadden, of er waren in de loop van 1946 zoveel aanvullende bemonsteringen verricht dat in het voorjaar van 1947 met een onderzoek van geringe omvang kon worden volstaan.

Teneinde in een klein en tamelijk gelijkvormig gebied de ontziltiging van de bouwvoor te kunnen vervolgen, werden in de Oost-Bevelandpolder niet minder dan vijf zoutkarteringen uitgevoerd.

Ten slotte komen aan het eind van deze paragraaf nog enige bijzondere onderzoeken ter sprake, welke gedurende de waarnemingsperiode 1946 op 1947 werden verricht.

a. Ontwateringsproefvelden

Op het eiland Walcheren werden tien terreinen uitgezocht die in aanmerking kwamen om dienst te doen als ontwateringsproefveld. Uit dit tiental werden er ten slotte zes gekozen, waarop inderdaad proefvelden werden aangelegd. Deze proefvelden waren genummerd OW 1, OW 3, OW 5, OW 7, OW 9 en OW 10; zij hebben drie à vier jaar dienst gedaan. De proefpercelen waren zo gekozen, dat mocht worden verondersteld, dat de beschouwde drains gedurende de gehele winter boven slootpeil zouden uitmonden. Deze verwachting is – behalve ten aanzien van OW 1 – vrij goed uitgekomen.

Een korte – voor alle proefjaren geldende – beschrijving van de proefvelden moge aan de bespreking van de in de winter 1946 op 1947 verkregen resultaten voorafgaan.

OW 1 was gelegen op jonge overgangsground aan de weg van Gapinge naar Veere en wel tegenover de boerderij Vogelgezag. De bouwvoor van dit proefveld had een lutumgehalte van $\pm 15\%$. Naar beneden toe werd de grond zwaarder tot 25 à 30 % lutum op een meter diepte. De bouwvoor was kalkarm of misschien kalkloos – de kalkrijkdom werd visueel beoordeeld aan de hand van de opbruising die ontstaat door overgieten van de grond met zoutzuur. Onderin vertoonde de grond een behoorlijke opbruising, hoewel meestal in de kalkrijke ondergrond op 60 cm of dieper een kalkarme of kalkloze laag werd aangetroffen. Over het algemeen ging de beworteling der gewassen tot minstens 60 cm. De doorlatendheid – eveneens visueel beoordeeld – leek matig; deze waarneming werd door doorlatendheidsmetingen bevestigd (K was bij een grondwaterstand van 44 cm beneden maaiveld in een 1,20 m diep boorgat ongeveer 0,27 m/etmaal).

OW 3 gelegen op kreekruigground aan de zuidkant van de weg van Middelburg naar Koudekerke – op ongeveer 1,1 km van het centrum van Koudekerke – vertoonde op 40 m van de wegsloot een profiel dat naar beneden toe lichter werd. Een bouwvoor van $\pm 14\%$ lutum, met op 40 cm een plotselinge overgang naar $\pm 8\%$ lutum, welk gehalte naar beneden toe nog iets daalde. Meer achterop het perceel was de bouwvoor even zwaar, maar de ondergrond tot 60 cm was zwaarder (16 à 19 % lutum), daar beneden werd de grond weer lichter, doch niet zo licht als vóór op het perceel (10 à 12 % lutum). De grond was kalkhoudend. Op dit terrein werd getracht de doorlatendheid van de bouwvoor te meten volgens de methode КОРЕКТ, maar dit moest worden gestaakt wegens de geringe reproduceerbaarheid der cijfers. Ook het meten van de doorlatendheid in de dieper gelegen lagen met de gewone boorgatenmethode gaf grote moeilijkheden omdat de boorgaten onderin dichtliepen. Voor zover cijfers werden verkregen, leek de doorlatendheid ongeveer gelijk aan die van OW 1.

OW 5 lag op een terrein aan de oostzijde van de weg van Biggekerke naar Meliskerke, even ten Zuiden van de Meliskerke watergang. De grond was zware kalkhoudende kreekruigground (25 à 35 % lutum), die tot 60 cm een flinke beworteling vertoonde en, mogelijk behoudens een wat dichtere laag van ongeveer 60 tot 100 cm diepte, redelijk doorlatend leek te zijn. De metingen bevestigden deze waarneming betreffende de doorlatendheid.

OW 7 lag even ten Noorden van Aagtekerke, waar de Domburgse watergang bij de Roosjesweg komt, op zogenaamde kleiplaatground. De bouwvoor bevatte 16 à 19 % lutum, daar beneden werd de grond zwaarder tot 29 % lutum toe. Op 60 à 80 cm daalde het lutumgehalte tot ongeveer de waarde van de bouwvoor. Het gehele profiel was kalkhoudend, onderin zelfs bepaald kalkrijk. De beworteling was tot ongeveer 40 cm zeer goed, maar werd daar beneden snel minder. De doorlatendheid, beoordeeld naar het voorkomen van gangetjes en scheurtjes in het profiel, maakte een weinig gunstige indruk. Beneden 100 cm werd de kalkrijke grond lichter ($\pm 14\%$ lutum) en leek de doorlatendheid goed. De doorlatendheidsmetingen leverden lagere waarden dan op alle overige proefvelden.

OW 9 lag ten Zuiden van de weg die in St-Laurens van de Noordweg in westelijke richting afbuigt. Het proefveld werd gelegd op een perceel iets ten Westen van de St-Laurensse watergang. De bouwvoor bevatte ongeveer 16 % lutum, naar beneden toe werd de grond snel zwaarder, plaatselijk overgaand in veen. De beworteling op deze oude kreekruigground was goed tot op 80 à 100 cm. De doorlatendheid van de bovenste meter was redelijk goed. Het profiel in het noordoostelijk deel van het proefveld week sterk af. Hier werd de grond naar beneden toe juist lichter en hij bestond beneden 75 cm uit zeer lichte zavel.

OW 10 lag op hetzelfde profieltype en aan dezelfde weg als OW 1, iets dichterbij Gapinge, achter de boerderij Welgelegen. Een kalkloze of kalkarme bouwvoor van 15 à 20 % lutum op een naar beneden toe steeds zwaardere ondergrond, die althans tot 80 à 100 cm diepte kalkhoudend was. Op 120 à 150 cm ging de grond over in kalkrijke lichte zavel. De beworteling was behoorlijk tot ongeveer de diepte waarop de grond kalkloos werd. Deze kalkloze laag maakte in tegenstelling met de erboven gelegen lagen en de zavelige ondergrond een weinig doorlatende indruk. Ook de doorlatendheidsmetingen leverden voor deze laag in het algemeen lage waarden.

De keuze van de bovenbeschreven proefvelden is enigszins eenzijdig geweest. In het zestal zijn de oude poelgronden bijvoorbeeld niet vertegenwoordigd, maar het was onmogelijk om geschikte percelen te vinden. Vele percelen poelgrond waren niet gedraineerd, andere hadden samengestelde drainages waarvan de ligging vaak niet eens nauwkeurig bekend was. Bovendien lagen de uitmondingen van de drainreeksen vaak zo weinig boven slootpeil, dat ze reeds bij geringe regenval onder water kwamen te liggen.

Deze eenzijdige keuze bracht natuurlijk bezwaren mede. In de eerste plaats lagen alle proefvelden op bouwland, dat min of meer onder structuurverval leed en bijge-

volg kans bood voor bovengrondse afvoer van regenwater. Voorts lagen bijna alle proefpercelen hoger dan een deel van de omgeving, hetgeen, mede gezien de profiel-opbouw, gelegenheid schiep voor ondergrondse afvoer van water buiten de drains om.

Overigens had de eenzijdige keuze het voordeel dat voor geen enkel proefveld – het abnormale veld OW 7 even buiten beschouwing gelaten – de zijwaartse waterpassage de berekeningen stoorde.

Het is niet mogelijk de resultaten die op deze zes proefvelden werden verkregen in extenso te bespreken, daarvoor is het materiaal te omvangrijk. Van elk proefveld zullen de voornaamste gegevens en enkele opvallende bijzonderheden worden vermeld, terwijl deze beschouwingen worden besloten met een vergelijking van de op de verschillende proefvelden verkregen cijfers. Aan deze uiteenzetting moge voorafgaan een kleine beschouwing over de weersgesteldheid gedurende de waarnemingsperiode (tabel 53).

TABEL 53. Neerslag in mm te Middelburg gedurende de ontziltingsperiode 1946 op 1947.

Maand <i>Month</i>	Decade			Totaal <i>Total</i>
	I	II	III	
September	25,8	43,7	11,3	80,8
October	4,8	1,8	39,9	46,5
November	15,7	35,9	9,6	61,2
December	35,0	4,2	5,8	45,0
Januari	12,6	15,5	1,2	29,3
Februari	14,6	0	9,4	24,0
Maart	30,8	60,5	17,3	108,6
April	31,8	0	7,8	39,6
Totaal (Total)				435,0

TABLE 53. *Precipitation in mm at Middelburg during the desalinization period 1946/1947.*

In bovenstaande tabel zijn alleen de gegevens vermeld van het station Middelburg, maar deze gegevens werden niet voor alle proefvelden gebruikt. Voor elk proefveld werden de regencijfers van het naastbijgelegen waarnemingsstation genomen.

Over de weersgesteldheid dient verder nog te worden opgemerkt dat tamelijk veel vorstperioden voorkwamen. Een eerste van 14–24 December 1946, een tweede van 3–9 Januari 1947, een derde van 21 Januari tot 27 Februari, met slechts een kleine onderbreking in het begin van Februari. In de eerste helft van Maart trad afwisselend vorst en dooi op.

Op het proefveld OW 1 werden drie drainreeksen in observatie genomen. De reeksen waterden naar twee zijden af. Voor op het perceel stond een serie grondwaterstands-buizen (op 40 m afstand van de wegsloot) in een raai loodrecht op de drainrichting en achterop stond een soortgelijke reeks (eveneens op 40 m afstand van de sloot). Ter plaatse van de raaien lagen de drains 30 à 50 cm diep. In de voorste raai werden op 9 October 11 plekken bemonsterd en op 31 Maart 13 plekken. Bovendien werden op de laatstgenoemde datum 5 plekken bemonsterd in de achterste raai. In de periode tussen

de bemonsteringsdata viel 310 mm neerslag. Hiervan zal ± 100 mm zijn verdampt; 35 mm diende voor aanvulling van de vochtvoorraad van de grond (tot 80 cm), terwijl de neerwaartse waterpassage werd berekend op ± 115 mm. Tezamen leverden deze cijfers een 250 mm, zodat ongeveer 60 mm bovengronds moet zijn afgevoerd. Bovengrondse afvoer was te verwachten: In de eerste plaats stegen de grondwaterstanden wel eens tot aan en op lage gedeelten van het perceel tot boven maaiveld. In de tweede plaats trad op dit proefveld een ernstige verslemping van de bouwvoor op, en in de derde plaats kon de vrij zware neerslag van de 1e en 2e decade van Maart op sommige plaatsen de bevroren grond niet binnendringen. Er was tenminste gedurende deze periode een aantal buizen die niet terstond op de regen reageerden, maar nog enige tijd constant zeer lage grondwaterstanden bleven vertonen. Kwam er eenmaal beweging in de grondwaterstanden, dan stegen ze ook zeer snel. Hoe ongelijk de vorst uit de grond verdween, blijkt uit het feit dat de eerste snelle stijging op 6 Maart en de laatste op 18 Maart werd waargenomen.

Het was niet mogelijk de draindebieten behoorlijk nauwkeurig te berekenen. Tegen de verwachting namelijk werd de sloot die het perceel aan de achterzijde begrenste niet opgeschoond. Hierdoor kwamen de uitmondingen van de drains vaak onder water te liggen. Bovendien was de waterscheiding tussen de voorste en de achterste helft van het perceel niet te vinden, waardoor de afvoeren van de voorste helft niet afzonderlijk waren te berekenen. Daar kwam nog bij dat de drains niet allemaal even diep lagen.

Voor zover een schatting toelaatbaar was, leek het erop dat de 115 mm die, blijkens de zoutcijfers, de grond waren gepasseerd, zeker niet volledig via de drains waren afgevoerd. Een gedeelte zou dan zijn weggezaakt door de ondergrond, bijvoorbeeld naar de Middelburg-Veerse watergang die vrij dicht achter het perceel langs liep of naar een nabijgelegen arm van het achter het dijksgat van Veere gevormde krekenselsel.

Het zoutgehalte van het drainwater bood een nogal onoverzichtelijk beeld. Er waren vier drainuitmondingen (drie vóór en één achter) waarvan voldoende afvoeren werden gemeten om een nadere bestudering van de C-cijfers mogelijk te maken. Het zoutgehalte van het drainwater liep meestal langzaam op tot eind Januari. Daarna werd een tijdlang geen drainwater opgevangen. Eerst niet omdat er geen afvoeren waren, later omdat alle drainmondingen gedurende enige dagen onder water lagen. Bij de hervatting van de waarnemingen in Maart, waren alle C-cijfers flink gezakt, zodat het zoutgehalte in het begin van April 1947 weer hetzelfde en in één geval zelfs lager was dan in begin November 1946. Een verband tussen de grootte van de afvoer en het C-cijfer was nauwelijks te vinden. Overigens was – vergeleken met sommige andere proefvelden – de variatie in het C-cijfer van het afgevoerde drainwater niet bijzonder groot.

Ten slotte moge hier nog een korte beschouwing volgen over de bemonsteringen van de drainsleuven. In de eerste plaats vertoonden deze drainsleuven weinig zoutverlies. Dit was niet verwonderlijk, want toen de winter begon, waren de drainsleuven veel beter ontzilt dan de tussengelegen akkers (tabel 54). Boven de drains ontziltte de grond verder gedurende de winter, zij het in een langzamer tempo dan de bovengrond van de akkers (een mogelijk gevolg van zijwaartse watertoevoer uit de zoutere lagen vlak naast de drainsleuf); beneden de drains was van ontzilting vrijwel geen sprake. Dit is niet zo vreemd, indien men bedenkt dat de ontzilting onderin de drainsleuf sterk werd belemmerd door toevoer van zout water vanuit de ondergrond naar de drain.

De ontwatering van dit proefveld was onvoldoende. In de periode van 29 November tot de inval van de vorst op 14 December viel 46,2 mm neerslag (dat is ruim 3 mm per dag) met als grootste hoeveelheid op één dag 7,6 mm. Toch liepen de grondwaterstanden op tot in de bouwvoor (laag 0–20 cm) en op sommige plaatsen handhaafden

TABEL 54. Ontwateringsproefveld OW 1, Walcheren, 1946 op 1947. C-cijfers in de drainsleuven en op de akkers.

Laag in cm	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80	Layer in cm
C-cijfers drainsleuven						C-figures above and under tile drains
9-10-'46	2,2	2,8	4,4	7,2	7,1	
31- 3-'47	0,7	1,1	3,9	7,3	6,9	
C-cijfers akkers						C-figures midway between tile drains
9-10-'46	5,5	7,7	11,0	12,7	11,7	
31- 3-'47	0,6	1,2	4,6	8,8	10,2	

TABLE 54. Observation field OW 1, Walcheren, 1946/1947. C-figures above and under tile drains and midway between them.

deze hoge standen zich gedurende vrijwel de gehele periode. De drainafstand van ± 15 m is – althans bij de vermelde ondiepe ligging der drains – wel te groot.

Het proefveld OW 3 omvatte slechts één drainreeks, die naar één zijde afwaterde.

FIG. 12. Ontwateringsproefveld OW 3, Walcheren

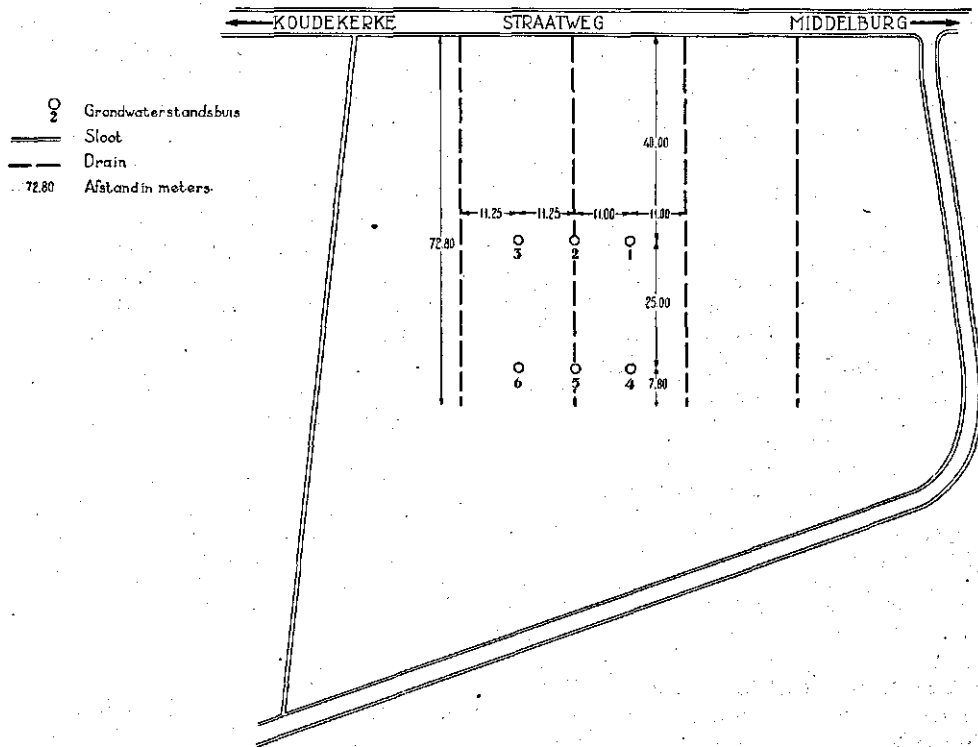


FIG. 12. Observation field OW 3, Walcheren

Loodrecht op deze drainreeks stonden twee raaien grondwaterstandsbuizen op respectievelijk 40 en 65 m van de sloot, zie figuur 12. Ter plaatse van deze raaien lag de drainreeks 63 en 42 cm beneden maaiveld. De bespreking van de op dit proefveld verrichte waarnemingen is uitvoeriger dan voor de andere proefvelden. Een dergelijke uitgebreide behandeling van de stof was mogelijk door de bescheiden opzet van OW 3 en was wenselijk omdat op deze wijze een voorbeeld kon worden gegeven van wat de verzamelde gegevens aan bestuderingmogelijkheden boden.

De bemonstering van het terrein vond plaats op 7 October 1946 – waarbij drie plekken in de voorste raai en vijf plekken in de achterste raai werden bemonsterd – en op 21 tot 24 Maart 1947 met vijf plekken in de voorste en zeven plekken in de achterste raai. In de periode tussen deze beide bemonsteringen viel 285 mm neerslag. De verdamping werd geschat op ± 95 mm, 30 mm werd opgeslagen in de grond en de neerwaartse waterpassage werd berekend op ± 75 mm. Deze neerwaartse waterpassage was overigens ten noorden van de beschouwde drainreeks (dus bij buis 1 en bij buis 4) groter dan ten zuiden ervan. Op dit proefveld moet dus een 85 mm bovengronds zijn afgevoerd.

Overigens was op dit proefveld de bovengrondse afvoer minder duidelijk waarneembaar dan op OW 1. Doordat het proefveld naar de sloot toe lager werd, was plasvorming tamelijk zeldzaam. Anderzijds belemmerde de begroeiing met wintertarwe een snelle afstroming, waardoor duidelijke erosiegeulen – die op andere percelen in het inundatiegebied nogal eens optraden – ontbraken.

Toch is er, gezien de hierna volgende waarnemingen zeer zeker bovengronds watertransport geweest. In de voorste raai waren de grondwaterstanden bij buis 1 bij zware regenval altijd hoger dan bij buis 3. In drie achtereenvolgende natte perioden bedroegen deze verschillen respectievelijk 16,1, 12,5 en 9,0 cm. Dat deze verschillen nog zoveel variatie vertonen, werd waarschijnlijk grotendeels veroorzaakt door de aard van de regenval. In het eerste tijdvak was de neerslag op één dag af en toe zeer groot, hetgeen in de volgende perioden niet het geval was. Voor de achterste raai gold hetzelfde, zij het dat de verschillen daar wat geringer waren; de grondwaterstanden bij buis 4 waren, in dezelfde perioden als voor de vergelijking tussen buis 1 en buis 3 zijn gebruikt, respectievelijk 5,9, 4,6 en 3,8 cm hoger dan bij buis 6. Men zou kunnen veronderstellen dat de doorlatendheid van de ondergrond bij buis 1 geringer is dan bij buis 3 en bij buis 4 geringer dan bij buis 6. Hiertegen pleit de waarneming dat na een regenperiode in de voorste raai de grondwaterstanden bij buis 1 even snel of sneller zakten dan bij buis 3 en in de achterste raai bij buis 4 even snel of sneller dan bij buis 6. Nu zou men het hoger oplopen van de grondwaterstanden nog kunnen wijten aan een geringer waterbergend vermogen ter plaatse, maar ook voor deze veronderstelling zijn geen argumenten aanwezig. Waarschijnlijker is de invloed van de helling van het terrein. Het proefterrein helt van achteren naar voren en bovendien (vanaf de sloot gezien) van rechts naar links. Buis 1 staat in een laag gedeelte van het terrein, lager dan alle andere buizen. Het meest aannemelijk is nu de veronderstelling dat de grondwaterstanden bij buis 1 hoger oplopen omdat niet alleen de neerslag in de grond dringt, maar bovendien nog extra water, aangevoerd door bovengrondse afstroming. Dit zou dan tevens verklaren waarom de ontzilting bij buis 1 groter is dan verder op het proefveld. (Een verschijnsel dat in nagenoeg alle jaren werd geconstateerd.) Evenzo staat buis 4 in een lager perceelsgedeelte dan buis 6.

Wellicht is op deze wijze eveneens te verklaren waarom de neerwaartse waterpassage

FIG. 13. Ontwateringsproefveld OW 3, Walcheren, 1946. Verband tussen de grondwaterstanden in drie buizen gedurende de periode van 12-11-1946 tot 14-12-1946.

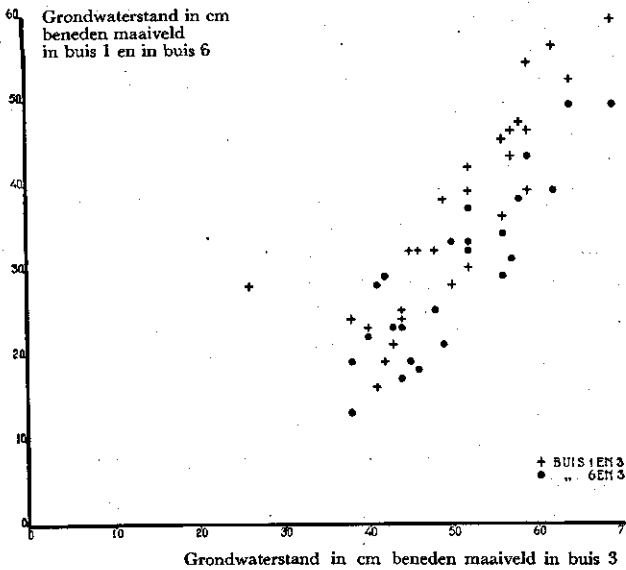


FIG. 13. Observation field OW 3, Walcheren, 1946. Relation between the groundwatertables in three test wells during the period from 12-11-1946 till 14-12-1946.

De ontwatering van het proefperceel kon beter, maar gaf toch geen reden tot ernstige klachten. Figuur 14 toont aan dat bij een flinke regenval de grondwaterstanden in de achterste raai te hoog opliepen. Met een minder sterke helling in de drainreeks (die in de achterste raai slechts 42 cm beneden het werkelijke maaiveld lag) zou dit euvel grotendeels zijn voorkomen.

Evenals op OW 1 reageerden de grondwaterstanden (uitgezonderd die in buis 1) na de vorstperiode niet terstond op de zware regenval in de eerste helft van Maart. Toen de grondwaterstand dan wel opliep, bevroor het water boven in de buizen en bleef nog tot bijna een week na de vorst bevroren. Dit verschijnsel: de snelle stijging (80 cm en meer in 24 uur) en het bevroren daarna werd ook op andere proefvelden waargenomen.

in de gehele voorste raai hoger is dan in de achterste raai. Ook in dit geval zijn de grondwaterstanden voorop hoger dan mocht worden verwacht. De helling van de drain bedraagt nl. tussen de beide raaien 25 cm. De grondwaterstanden in de voorste raai zijn echter gemiddeld op de akkermiddens geen 25 cm lager dan achterop. In dezelfde natte periode als bovenbedoeld bedraagt tussen buis 1 en buis 4 het verschil 9,4, 15,6 en 15,6 cm en tussen buis 3 en buis 6 het verschil 19,6, 23,5 en 20,8 cm. Over het algemeen was de correlatie tussen de grondwaterstanden in de verschillende buizen zeer goed, zoals blijkt uit figuur 13, waarin de standen van buis 1 en buis 6 zijn uitgezet tegen die van buis 3.

FIG. 14. Ontwateringsproefveld OW 3, Walcheren, 1946. Reactie van de grondwaterstanden op de regenval tussen 28-11-1946 en 14-12-1946.

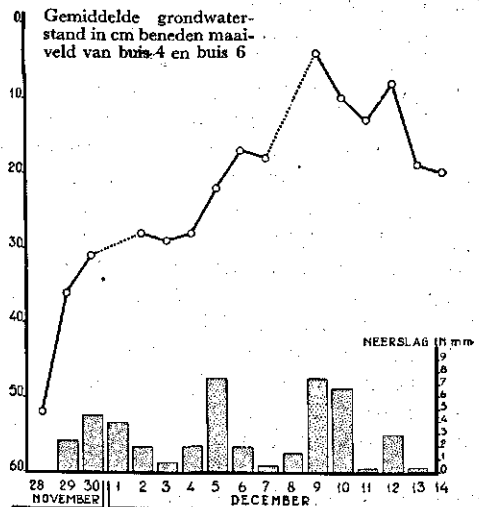


FIG. 14. Observation field OW 3, Walcheren, 1946. Relation between the groundwatertables and the rainfall between 28-11-1946 and 14-12-1946.

De totale drainafvoer bedroeg maximaal 30 mm. De omrekening op mm was wat moeilijk, omdat niet bekend is van welk gedeelte van het ongedraineerde achterste deel van het terrein nog water naar de drain stroomt. Maar zelfs indien men aanneemt dat dit gedeelte niet groter is dan het deel van de akker dat vooraan rechtstreeks naar de sloot ontwaterd, dan vindt men een afvoer van ± 30 mm in totaal en een dagmaximum van 1,6 mm. Er is dus minstens 45 mm (75-30) van het afgevoerde water niet in het debiet van de drain terug te vinden. Van deze 45 mm kan nog een klein deel zijn afgevoerd door de belendende drains – die lagen namelijk iets dieper – maar het overgrote deel zal wel via de ondergrond rechtstreeks naar sloten en watergangen in de omgeving zijn afgevoerd. (Het proefveld lag – enkele decimeters boven N.A.P. – nogal tamelijk hoog in vergelijking met de omgeving.)

Het verband tussen de grondwaterstanden en de drainafvoeren was duidelijk asymptotisch, in die zin dat naarmate de afvoeren groter werden, voor eenzelfde stijging van het debiet een zeer snel kleiner wordende grondwaterstandsverhoging nodig was. Een dergelijk verband wijst op een naar boven toe stijgende doorlatendheid van de grond boven het vlak van de drains.

De zoutcijfers van het afgevoerde drainwater daalden langzaam van ruim 11 tot even beneden 8. De daling van de C-cijfers verliep tamelijk regelmatig, hoewel bij het begin van een nieuwe regenperiode de waarden altijd enigszins te laag waren en tegen het einde van een regenperiode, vooral bij langzaam dalende debieten, de C-cijfers wat opliepen. Dat er wel enig verband was tussen de grootte van de afvoer en de hoogte van het C-cijfer van het drainwater blijkt uit bijgaand tabelletje. In tabel 55 zijn vier sterk afwijkende C-cijfers buiten beschouwing gelaten, deze konden niet worden verklaard door abnormaal hoge of lage afvoeren. Voorts zijn de cijfers in de tabel gecorrigeerd voor de invloed van de geleidelijke daling gedurende de waarnemingsperiode. Omdat de grafiek waarin debiet tegen gemiddelde grondwaterstand werd uitgezet nogal een brede band vertoonde is nog gepoogd of de correlatie: gemiddelde grondwaterstand – C-cijfer een beter beeld vertoonde.

TABEL 55. Ontwateringsproefveld OW 3, Walcheren, 1946 op 1947. Verband tussen draindebiet en C-cijfer van het drainwater.

Afvoer in l per etmaal	0-400	400-800	>800	<i>Discharge in l/24 hours</i>
Gemiddeld C-cijfer	10,3	9,7	9,5	<i>Mean C-figure</i>

TABLE 55. Observation field OW 3, Walcheren, 1946/1947. Relation between discharge of the drain and C-figure of the outflow.

Dit was niet het geval. Ten slotte is nog nagegaan of in die gevallen dat de onderlinge verhouding der grondwaterstanden abnormaal was, het C-cijfer opvallende afwijkingen vertoonde. Ook dit bleek niet zo te zijn. Deze laatste veronderstelling was gebaseerd op de gedachtengang, dat indien de grondwaterstanden in de voorste raai hoger waren dan met betrekking tot de grondwaterstanden in de achterste raai mocht worden verwacht, het voorste deel van de drain ook meer zou bijdragen in de totale afvoer dan bij een gelijke gemiddelde grondwaterstand, maar met een normale verdeling der grondwaterstanden, het geval zou zijn. Gezien het voorste deel van de drain in een veel zoutere laag lag dan het achterste, zouden in geval van te hoge grondwaterstanden vóór op het perceel ook te hoge C-cijfers van het drainwater mogen worden verwacht.

De neerwaartse waterpassage in de drainsleuf vertoonde bij buis 2 een normale waarde, bij buis 4 daarentegen een zeer lage waarde. Dit laatste was gezien de ondiepe ligging van de drain aldaar te verwachten. Men zie hiervoor de bij OW 1 gegeven uiteenzetting.

Ten slotte mag niet onvermeld blijven dat de isohalinen op dit proefveld een bijzonder regelmatig verloop hadden, zoals figuur 15 te zien geeft. Zowel tabel 55 als ook figuur 15 wijzen op enig watertransport in zijwaartse richting binnen profieldiepte. Van veel belang voor de berekeningen is dit transport niet geweest, want voor de neerwaartse waterpassage werd midden op de akker dezelfde waarde gevonden als op een afstand van de drain gelijk aan $\frac{1}{2}$ van de akkerbreedte. Het is merkwaardig dat de isohalinen voor de hogere C-cijfers niet naar de drain lopen, maar naar een punt ver beneden de drain. Dit zou een gevolg kunnen zijn van het feit dat vóór de bemonstering de drains gedurende geruime tijd niet hebben afgevoerd, hoewel er wel water door de grond moet zijn gepasseerd, waardoor de ontziltingsverschillen in de bovengrond ook in de ondergrond tot uiting kwamen. Het is ook mogelijk dat beneden de drain de zoutcijfers zijn beïnvloed door een opwaartse stroming van betrekkelijk zoet water uit de ondergrond naar de drain. In dat geval zouden trouwens de isohalinen onderin het profiel anders moeten worden getekend dan in figuur 15 is geschied.

FIG. 15. Ontwateringsproefveld OW 3, Walcheren, 1947. Isohalinen in de achterste raai rond 22 Maart 1947.

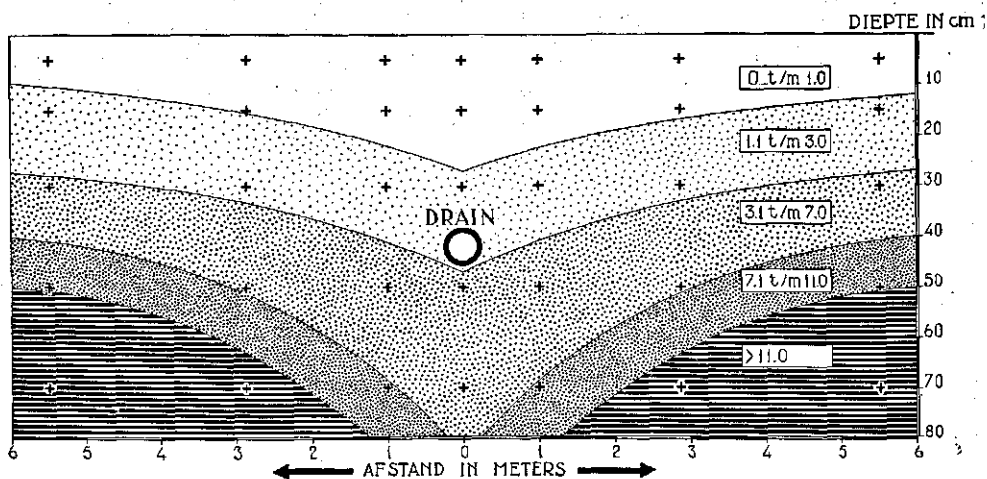


FIG. 15. Observation field OW 3, Walcheren, 1947. Lines of equal salinity on March 22nd 1947.

Op OW 5 hadden de waarnemingen betrekking op twee drainreeksen. Deze reeksen waterden naar één zijde af. Dwars op deze drainstrengen werden drie raaien grondwaterstandsbuizen geplaatst op respectievelijk 60, 73 en 90 m uit de sloot waarin de drains uitmondten. De drains lagen ter plaatse van laatstgenoemde raai ± 95 cm beneden gemiddeld maaiveld. Op 8 October 1946 werden in de verst van de sloot gelegen raai negen plekken bemonsterd. Op 2 April 1947 werden deze zelfde plekken bemonsterd benevens nog vijf in de voorste raai. Tussen deze data viel 280 mm regen.

Wanneer de verdamping wordt gesteld op ± 100 mm, dan resteert nog een overschot van ongeveer 180 mm. Hiervan werd 45 mm in de grond geborgen. De gemiddelde neerwaartse waterpassage bedroeg 80 mm. De dan nog overblijvende 55 mm [170 - (45 + 80)] kan gemakkelijk bovengronds zijn afgevoerd. Het C-cijfer van de bouwvoor was tijdens de Octoberbemonstering al niet hoog en daalde gedurende de winter overal beneden 1. Door dit reeds ver voortgeschreden stadium van ontziltting trad een vrij ernstige verslemping van het oppervlak van de grond in. In de nawinter (Maart) ontstonden grote plassen op het land, zodat de eigenaar van het terrein zich genoodzaakt zag het oppervlaktewater via greppels af te voeren naar de sloot.

Dit over de grond afstromende water neemt volgens ZUUR (1938) zeer weinig zout mee, zodat deze waterbeweging de berekening van de neerwaartse waterpassage niet kan storen, te meer niet waar in Zeeland pas bovengrondse afvoer optrad nadat de toplagen grotendeels waren ontzilt.

De grondwaterstanden op dit proefveld vertoonden op de verschillende akkers, althans in natte perioden, niet dezelfde gemiddelde hoogte. Van de drie geobserveerde akkers had er één een breedte van ongeveer 37 m, één een breedte van ruim 35 m terwijl de derde slechts ruim 23 m breed was. Dit laatste kwam duidelijk in de grondwaterstanden tot uiting, die op deze smalle akker aanmerkelijk lager bleven dan op de brede. Zo was in de periode van 29 November tot 20 December (19 waarnemingsdagen) de gemiddelde grondwaterstand op de brede akkers respectievelijk 33 en 20 cm en op de smalle akker 60 cm beneden gemiddeld maaiveld.

De afvoer omgerekend in mm per dag was voor de beide drainstrengen ongeveer gelijk, zodat de grondwaterstand-debietkromme voor de drainreeks tussen de 37 en de 35 m akker een veel ongunstiger verloop had dan voor de drainreeks tussen de 35 en de 23 m akker. Ook op dit proefveld wees het verband tussen grondwaterstanden en afvoeren op een naar boven toe toenemen van de doorlatendheid in de laag grond boven het vlak door de drains.

Een nadere bestudering van het verloop van de grondwaterstanden leerde nog dat een drainafstand van 23 m misschien enigszins te nauw, maar dat 35 m in elk geval te ruim was.

De maximale afvoer van de drain tussen de brede akkers bedroeg 2,2 mm per dag, voor de andere 3,6 mm, maar hierbij was blijkens het C-cijfer van het drainwater kennelijk bovengrondse afvoer in het spel. Het C-cijfer van het drainwater vertoonde in het begin van November, toen de drains begonnen te lopen enige wonderlijke sprongen, daarna daalde het zeer langzaam van ongeveer 13 tot ongeveer 12. Behoudens een enkele onverklaarbare uitzondering was de schommeling in de cijfers gering. Er was enig verband tussen draindebiet en bijbehorend C-cijfer van het drainwater (tabel 56). Bij deze tabel moet worden opgemerkt dat de eerste waarnemingen van November buiten beschouwing zijn gelaten. Voorts is de lage waarde van 9,3 te danken aan het in het gemiddelde betrekken van de gegevens van een dag met een zeer laag zoutgehalte van het drainwater (afvoer 3,6 mm; C-cijfer 2,3). Zonder deze zeer lage waarden zou het gemiddelde 9,9 zijn geweest.

Ten slotte vragen nog de relatief lage waarden voor de zeer kleine afvoeren een verklaring. Ten dele werden deze lage waarden veroorzaakt door het feit dat de meeste van de kleine afvoeren voorkwamen aan het eind van de waarnemingsperiode (de cijfers zijn, in verband met de geringe daling gedurende de winter, niet gecorrigeerd voor de datum). Hiermede kunnen de lage waarden evenwel niet volledig worden verklaard. Vermoedelijk was bij de zeer lage afvoeren het aandeel van het zakwater uit de

drainsleuf naar verhouding vrij groot en was mede hierdoor het gemiddelde C-cijfer van dergelijke afvoeren aan de lage kant.

TABEL 56. Ontwateringsproefveld OW 5, Walcheren, 1946 op 1947. Verband tussen drainebiet en C-cijfer van het drainwater.

Drainafvoer in mm per etm.	0- 0,10	0,11- 0,20	0,21- 0,30	0,31- 0,40	0,41- 0,60	0,61- 1,00	>1,00	Discharge in mm/24 hours
Aantal waarnemingen	21	29	25	14	17	18	14	Number of observations
Gemiddeld C-cijfer van het drainwater	12,2	12,6	12,3	11,8	11,4	11,6	9,3	Mean C-figure of the outflow

TABLE 56. Observation field OW 5, Walcheren, 1946/1947. Relation between discharge of the drain and C-figure of the outflow.

Zoals eerder vermeld bedroeg de neerwaartse waterpassage op dit proefveld ± 80 mm. De totale drainafvoer haalde niet meer dan goed 40 mm, zodat ongeveer de helft van het door het profiel gezakte water buiten de drains om rechtstreeks via de diepere ondergrond moet zijn afgevoerd. Mogelijk is een steun voor deze opvatting te vinden in de waarneming dat bij lage grondwaterstanden het verschil in phreatisch niveau tussen de voorste en de achterste raai groter was dan op grond van de helling der drains kon worden verwacht. Voor de neerwaartse waterpassage in de drainsleuven werd een grotere waarde gevonden (145 mm) dan voor de akkermiddens; dit in tegenstelling met de hiervoor besproken proefvelden. Deze grote waterpassage was heel wel verklaarbaar, omdat door de diepe ligging van de drains (± 90 cm beneden maaiveld) verzilting van de onderste lagen van het bemonsterde profiel door toevoer van zout water vanuit de ondergrond niet kon worden verwacht, terwijl bovendien enige bovengrondse toevoer (de drainreeksen lagen, althans ter plaatse van de monsterplekken, onder een laagte van het terrein) de ontzilting zal hebben vergroot.

De beschouwingen over dit proefveld mogen ten slotte niet worden afgesloten zonder enige opmerkingen over de waarnemingen na de vorstperiode.

Op 1 April werden op alle proefvelden de grondwaterstandsbuizen leeggepompt. Van een goed functionerende buis mag worden verwacht dat na 24 uur de waterstand in de buis weer tot de oorspronkelijke hoogte is gestegen. Dit was op de hiervoor besproken proefvelden OW 1 en OW 3 dan ook het geval. Op OW 5 daarentegen hadden de meeste buizen enige dagen nodig om weer op peil te komen en enkele buizen vertoonden na het leegpompen nauwelijks nog enige stijging. Van de proefvelden OW 7, OW 9 en OW 10 vertoonde een groot aantal buizen dezelfde kwaal, zij het in het algemeen en vooral bij OW 10 in mindere mate. Deze observatie kon niet anders betekenen dan dat de buizen - dat wil zeggen waarschijnlijk de poriën in de jute waarmee de buizen waren omwonden - grotendeels verstopt waren geraakt.

Onmiddellijk rees de vraag: Betekent dit dat de waarnemingen van de gehele winter onbetrouwbaar zijn? Gelukkig kon het antwoord op deze vraag ontkennend luiden en wel om twee redenen. In de eerste plaats toonde een vergelijking dat, globaal beschouwd, alle buizen van alle proefvelden (in totaal 44 buizen, die in de drainsleuven niet meegerekend) zich gedurende de gehele winter zeer gelijkvormig hadden gedragen. Er waren geen verschillen te bespeuren tussen buizen die op 1 April verstopt bleken en buizen die op die datum nog goed functioneerden. In de tweede plaats hadden alle buizen in de eerste helft van Maart (na de vorstperiode) nog stijgingen vertoond van 80 à 100 cm binnen één à twee dagen.

Uit deze feiten kon worden geconcludeerd dat de verstopping eerst na het invallen van de dooi was opgetreden. (De in de winter 1945 op 1946 geconstateerde verstopping in een buis van het proefveld

OS 3 had zich eveneens eerst na de vorst voorgedaan). Mogelijk is door de snelle stijging der grondwaterstanden en de sterke slibhoudendheid van het water (de drains voerden in deze periode vaak zeer troebel water af) de jute rond de buizen dichtgeslibd.

Een steun voor deze veronderstelling is te vinden in de waarnemingen betreffende de slibhoudendheid van het drainwater. Het slibgehalte van het drainwater werd slechts zelden bepaald, maar wel werd 'altijd' genoteerd of het opgevangen water al dan niet helder was, terwijl ook de mate van een eventuele troebeling werd vermeld. Uit deze gegevens bleek dat de drains van OW 3 nimmer troebel water afvoerden; de drains van OW 1 voerden zelden troebel water af. Zoals vermeld waren op deze proefvelden de buizen niet verstopt. OW 10 nam zowel ten aanzien van de troebeling van het drainwater alsook met betrekking tot de verstopping der buizen nog een tamelijk gunstige plaats in. Daarentegen voerden de drains van OW 5 vaak – vooral na de vorst – troebel water af; bovendien was de troebeling hier af en toe zeer sterk. Voor OW 7 kon geen vergelijking worden gemaakt omdat de drains vrijwel nooit afvoerden. De schaarse afvoeren van OW 9 waren sterk slibhoudend.

Vóór Maart 1947 was het opgevangen drainwater in het algemeen slechts troebel bij hoge debieten. Na het invallen van de dooi was het drainwater – en dan speciaal op OW 5 – ook bij lage debieten vaak troebel.

Men zou zich trouwens kunnen afvragen of het leegpompen op zichzelf het optreden van de verstopping soms ook nog heeft bevorderd.

Merkwaardigerwijze zouden de verstoppingen, uitgezonderd misschien op OW 5, nimmer aan het licht zijn gekomen, wanneer de buizen niet waren leeggepompt. De stijgingen en dalingen van de grondwaterstanden in de goed functionerende buizen waren namelijk na de vorstperiode niet zo groot of ook de verstopte buizen – men moet de verstopping niet als een absoluut begrip zien – hadden deze wisselingen wel kunnen bijhouden. Dit werd als volgt aangetoond: De grondwaterstanden van OW 1 en OW 3 (de proefvelden zonder verstopte buizen) uit het begin van de winter werden uitgezet tegen de grondwaterstanden uit dezelfde periode van elk der andere proefvelden. De aldus verkregen punten lagen vrijwel precies op een rechte, zij het dat deze rechte voor de verschillende combinaties op een verschillend niveau lag en soms een enigszins andere helling had. In dezelfde grafieken werden vervolgens op dezelfde wijze de grondwaterstanden uitgezet die optraden nadat het niveau in de buizen zich van het leegpompen had hersteld. Nu bleek dat de aldus verkregen tweede lijn in bijna alle gevallen de eerste lijn volledig dekte. Ter illustratie moge één van de betreffende grafieken hieronder worden weergegeven (figuur 16).

FIG. 16. Ontwateringsproefvelden OW 3 en OW 10, Walcheren, 1946 op 1947. Verband tussen de grondwaterstanden van deze proefvelden voor en na de vorst.

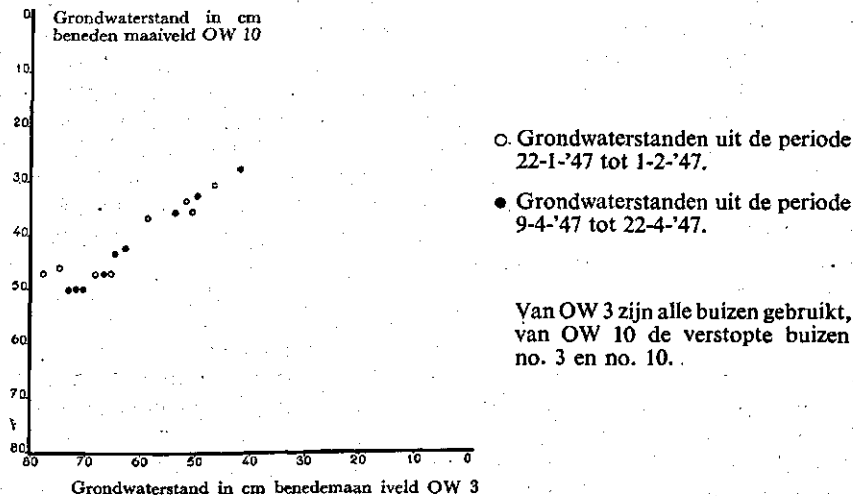


FIG. 16. Observation fields OW 3 and OW 10, Walcheren, 1946/1947. Relation between the groundwatertables of these fields before and after the frostperiod.

Ook op OW 7 hadden de waarnemingen betrekking op twee drainreeksen, die naar één zijde afwaterden in de Middelburg-Domburgse watergang. Op respectievelijk 50 en 60 m uit deze watergang stond, dwars op de drainrichting, een raai grondwaterstandsbuizen. De drains lagen ter plaatse van de raai 35 en 70 cm beneden maaiveld. Op 10 October werden in de verst van de watergang gelegen raai negen plekken bemonsterd. Op 25 en 26 Maart werd deze bemonstering herhaald, terwijl toen bovendien in de voorste raai nog vijf plekken werden bemonsterd. In de tussengelegen periode viel 265 mm regen. Hiervan diende ± 70 mm voor aanvulling van de vochtvoorraad in het profiel. Deze 70 mm vormen dan ook het enige betrouwbare gegeven dat het proefveld OW 7 opleverde. De neerwaartse waterpassage kon niet worden berekend omdat de bemonsterde plekken zulke grote verschillen te zien gaven dat het berekenen van een gemiddelde niet geoorloofd was.

OW 7 vertoonde evenwel nog meer merkwaardigheden. De beide raaien grondwaterstandsbuizen lagen slechts 10 m van elkaar, maar de grondwaterstanden in de bij elkaar behorende buizen uit de beide raaien lagen vaak op een geheel verschillend niveau. De grondwaterstanden in de drainsleuven waren, vooral in de best ontzilte van de twee, soms hoger dan midden op de akkers. De grondwaterstanden reageerden wel op de regen, maar de ene keer sterker dan de andere. De waterstand in de buizen herstelde zich na uitpompen slechts langzaam. De ontziling in de drainsleuven was zeer veel groter dan op de akkers. Bij hoge grondwaterstanden bleven drainafvoeren soms achterwege. De drainafvoeren waren trouwens te verwaarlozen. De noordelijke, zeer ondiep gelegen drain voerde slechts eenmaal af, maar toen ook 3,2 mm per etmaal en de andere in totaal ook weinig meer dan ruim 5 mm. De C-cijfers van het drainwater waren buitengewoon laag.

De waarnemingen die in de volgende winter werden verkregen, waren alle even vreemd als de hiervoor besprokene. Voor zover verklaringen mogen worden gepopperd, zal dit geschieden bij de bespreking van de gegevens van de winter 1947 op 1948.

In tegenstelling met OW 7 was OW 9 in alle opzichten een zeer regelmatig proefveld. Op dit proefveld lagen drie drainreeksen die naar beide zijden afwaterden. De drains lagen slechts 30 à 40 cm beneden maaiveld. Op de voorste helft van het perceel stond op ongeveer 40 m uit de sloot, een raai grondwaterstandsbuizen en op de achterste helft eveneens. In de voorste raai werden op 23 en 24 October en op 27 en 28 Maart 13 plekken bemonsterd. Tussen deze data viel 305 mm neerslag, waarvan ± 85 mm kan zijn verdampt. De neerwaartse waterpassage bedroeg 70 mm, terwijl rond 75 mm in de grond werd geborgen. Het restant van 75 mm moet bovengronds zijn afgevoerd. In de achterste raai viel de herfstbemonstering (eveneens 13 plekken) 6 dagen later. Hierdoor was de neerslag gedurende de waarnemingsperiode nog geen 270 mm. Wordt de verdamping op 80 mm gesteld, dan moet bij een toeneming van de vochtvoorraad met 45 mm en een waterpassage van 55 mm, de bovengrondse afvoer ± 90 mm hebben bedragen. Gezien de zeer sterke plasvorming op het proefveld en in aanmerking genomen de tamelijk sterke helling van het perceel was een flinke bovengrondse afvoer bij voorbaat te verwachten.

De grondwaterstanden waren niet erg laag, maar stegen, ook bij zware regenval, tamelijk langzaam en niet bijzonder veel. Het profiel was dus blijkbaar goed doorlatend (de doorlatendheidsmetingen wezen hier ook reeds op).

De dichtbijeen (6,20-7,40 m) gelegen ondiep gelegde (30-40 cm) drains hebben vrij-

wel nooit dienst gedaan. Zeer hoge grondwaterstanden waren op dit proefveld zeldzaam. In het enige tijdvak dat een afvoer van enig belang kon worden verwacht – namelijk in de aanvang van de dooiperiode omstreeks begin Maart – lagen de uitmondingen van de drains, evenals op vrijwel alle overige proefvelden, onder water.

Ook op OW 10 hadden de waarnemingen betrekking op drie drainreeksen, die naar twee zijden afwaterden. De drainreeksen waren gemiddeld 200 m lang. Op ongeveer 60 m afstand uit de sloten waarin de drains uitmondden, stond een raai grondwaterstandsbuizen. Ter plaatse van de voorste raai lagen de drains respectievelijk 65, 40 en 90 cm diep, bij de achterste raai was de diepteligging van de drains in dezelfde volgorde 65, 50 en 100 cm. Alles berekend ten opzichte van gemiddeld maaiveld. Het perceel werd bemonsterd op 3 en 4 October 1946 en op 16 t/m 18 April 1947. Vóór de winter werden in beide raaien 11 plekken bemonsterd, na de winter in de ene raai 13 en in de andere 19 plekken.

Gedurende de waarnemingsperiode viel ongeveer 345 mm regen. Hiervan kan een 120 mm zijn verdampt. De verandering in de vochtvoorraad van de grond was te verwaarlozen, de neerwaartse waterpassage werd berekend op 150 mm, zodat voor bovengrondse afvoer ± 75 mm overbleef. Inderdaad is op dit proefveld het bovengrondse watertransport duidelijk zichtbaar geweest. In de eerste plaats stegen de grondwaterstanden op sommige plekken tot boven maaiveld, terwijl voorts ten gevolge van verslapping en van vorst in de grond een deel van het regen- en smeltwater bovengronds naar de laagste delen liep. Aan de ene zijde van het terrein bleef het water staan voor een wal van uitgeworpen slootgrond, die eerst in Maart doorgegraven werd. Aan de andere zijde liep het water voor een deel naar de sloot, voor een deel naar de drainsleuven. Een belangrijk deel van de plassen – die soms vele tientallen vierkante meters groot waren – is echter, na verloop van tijd, ter plaatse weggezakt.

De grondwaterstanden liepen op dit proefveld – gelijk reeds vermeld – vaak zeer hoog op, ze daalden, althans boven in de grond, ook weer tamelijk snel. In Maart deed zich, evenals op de andere proefvelden, het feit voor dat het water in de buizen zeer snel steeg om vervolgens bovenin te bevriezen. Hoe volkomen de vorst alle neerwaartse waterbeweging had onderbroken, blijkt wel uit de waarneming dat verscheidene buizen nog gedurende enige dagen een lage waterstand vertoonden, hoewel het land rondom de buis met plassen was overdekt.

Het verband tussen de drainafvoeren en de grondwaterstanden was zeer behoorlijk. Doordat in de aanvang één akker veel langer dan de andere lage grondwaterstanden bleef vertonen, vielen van deze beginwaarnemingen een klein aantal ver buiten de stippenband.

De totale afvoer bedroeg ± 110 mm en was dus aanmerkelijk hoger dan op alle andere proefvelden. De afvoer van de dagen waarop niet kon worden waargenomen moest worden geschat. Waarschijnlijk zijn de schattingen enigszins aan de lage kant geweest. De grootste dagafvoer haalde bijna 4 mm. Bij een berekende neerwaartse waterpassage van 150 mm en een drainafvoer van minimaal 110 mm kan de ondergrondse afvoer buiten de drains om nooit bijzonder groot zijn geweest. De noordelijkste drainreeks gaf vrijwel de gehele winter afvoer. De C-cijfers van het drainwater daalden aan de ene zijde van 13 tot 10 en aan de andere zijde van 13 tot iets beneden 12. De hooggelegen middelste drainreeks leverde slechts af en toe afvoeren; ook hier bedroegen de C-cijfers in de aanvang omstreeks 13; ze daalden tot ongeveer 11. In de zuidelijkste reeks die weer dieper lag en eveneens veel water afvoerde, daalden de C-

cijfers van 11 tot 9,5 aan de oostzijde en van 10,5 tot 8,5 aan de westzijde. In het algemeen verliep de daling der C-cijfers zeer regelmatig; van een verband tussen de grootte van de afvoer en de hoogte van het C-cijfer was niets te bespeuren. Enkele buitengewoon grote afvoeren waren kennelijk een gevolg van toestroming bovengronds naar de drainsleuf, want deze afvoeren vertoonden C-cijfers tussen 1 en 2. Enkele andere C-cijfers die enigszins beneden de reeks lagen konden niet worden verklaard.

De bespreking van de op de ontwateringsproefvelden verkregen resultaten moge worden besloten met een samenvatting aan de hand van tabel 57.

TABEL 57. Ontwateringsproefvelden, Walcheren, 1946 op 1947. Overzicht van de verkregen resultaten.

No. kolom	1	2	3	4	5	6	7	8
No. proefveld	Waarnemingsperiode	Neerslag in mm	Geschatte verdamping in mm	Waterberging in mm	Waterpassage in mm	2- (3+4+5)	Drainafvoer in mm	5-7
OW 1	9-10-'46 tot 31- 3-'47	310	100	35	115	60	?	?
OW 3	7-10-'46 tot $\pm 22- 3-'47$	285	95	30	75	85	30	45
OW 5	8-10-'46 tot 2- 4-'47	280	100	45	80	55	40	40
OW 7	10-10-'46 tot $\pm 26- 3-'47$	265	95	70	?	?	5	?
OW 9 (voor)	$\pm 24-10-'46$ tot $\pm 28- 3-'47$	305	85	75	70	75	5	65
OW 9 (achter)	$\pm 30-10-'46$ tot $\pm 28- 3-'47$	270	80	45	55	90	5	50
OW 10	$\pm 4-10-'46$ tot $\pm 17- 4-'47$	345	120	0	150	75	110	40
No. observation field	Period of observation	Precipitation in mm	Evaporation in mm (estimated)	Increase of soil moisture in mm	Downward water-passage in mm	2- (3+4+5)	Discharge in mm	5-7
No. column	1	2	3	4	5	6	7	8

TABEL 57. Observation fields, Walcheren, 1946/1947. Synopsis of the results obtained.

Tabel 57 toont aan dat, globaal beschouwd, de proefvelden nog een redelijke overeenstemming te zien geven, vooral indien men de enigszins afwijkende bemonsteringsdata van OW 10 in gedachten houdt. Uit kolom 6 blijkt dat de bovengrondse afvoer voor de verschillende proefvelden niet veel uiteenloopt. Voorts blijven de drainafvoeren nogal wat achter bij de berekende waterpassage. Dit geldt ook voor OW 1 waar de drainafvoer op ± 50 mm werd geschat. Dit betekent dat alle proefvelden een merkbare (omgerekend per dag trouwens nog zeer geringe) afvoer buiten de drains om rechtstreeks naar de ondergrond moeten hebben gehad.

b. Standaardplekken

Er werden 58 standaardplekken bemonsterd, terwijl van nog vijf andere plekken de

gegevens dienst konden doen. Van deze 63 plekken waren er acht minder geschikt voor het opzetten van berekeningen, zodat ten slotte de cijfers van 55 plekken zijn bestudeerd.

De herfstbemonstering viel voor praktisch alle plekken in de laatste decade van Augustus en de voorjaarsbemonstering vond plaats in April. Behoudens enkele uitzonderingen bedroeg de neerslag in de tussengelegen periode 400 à 450 mm.

De toeneming van de vochtvoorraad in het profiel had meestal niet veel te betekenen. In 75 % van de gevallen was het verschil in vochtvoorraad tussen herfst en voorjaar slechts 40 mm.

De berekende neerwaartse waterpassage was veel groter en lag voor ongeveer 70 % van de plekken tussen 100 en 200 mm. Op de plekken die een sterke neerwaartse waterbeweging te zien gaven (een tiental) bleef voor verdamping een 210 à 250 mm over. Ruwweg geschat zal de verdamping wel niet ver beneden de 200 mm zijn gebleven. Voor de overige plekken was of een sterke bovengrondse afvoer of een niet toelaatbare en daardoor te lage berekening voor de neerwaartse waterbeweging oorzaak van het feit dat een zo groot gedeelte van de neerslag „zoek” was.

Ten aanzien van de waarneming dat op veruit de meeste plekken de neerslag niet een zodanige ontzilting teweeg bracht als men zou mogen verwachten, dienen nog twee punten te worden gememoreerd. In de eerste plaats zijn de waarnemingen enigszins te vroeg begonnen. Uit tussenbemonsteringen bleek dat de regen van de eerste decade van September het vochtdeficit van de grond enigermate heeft verminderd en dat, althans bovenin de grond, enige ontzilting is opgetreden.

In de daaropvolgende drie decaden viel zeer weinig neerslag. Gedurende dit tijdvak droogde de grond weer vrij sterk in, terwijl hier en daar een goed meetbare capillaire opstijging werd geconstateerd. Pas eind October zette de eigenlijke ontziltingsperiode in. Het effect van de weersomstandigheden vóórdien kan echter op de verschillende plekken zeer uiteenlopend zijn geweest. Een goed gewas bieten heeft de Septemberregens nog wel opgebruikt, zodat de vochtvoorraad in de grond niet kon stijgen. Land dat juist na de regens werd bewerkt, heeft wellicht meer van de binnengedrongen regen kunnen conserveren dan land dat tot ver in October in de stoppel bleef liggen. Ten slotte kan de capillaire opstijging zeer verschillend zijn geweest.

Het tweede punt was de invloed van de vorst op de na de dooi nagenoeg overal opgetreden bovengrondse afvoer. Na het einde van de vorstperiode bleef de grond nog enige tijd bevroren, waardoor het smeltwater van de sneeuw alsmede de regen niet in de grond konden dringen. Nu was de ene grond kennelijk sneller ontdooid dan de andere, terwijl bovendien de mogelijkheden voor bovengrondse afvoer sterk verschilden. Sommige percelen lagen vlak of zelfs pannig, andere daarentegen lagen in enigszins gewelfde akkertjes.

Ten slotte waren er, evenals in de winter 1945 op 1946, grote verschillen in verslemping. De verschillen waren zelfs nog groter dan in genoemde winter. Toen was het tempo van de ontzilting de voornaamste oorzaak geweest van het al dan niet optreden van verslemping van bouwland aan het eind van de winter (voormalig grasland vertoonde geen structuurgebreken). In de winter 1946 op 1947 waren, behalve het tempo van ontzilting van de toplaag, ook het al of niet begroeid zijn van de grond, alsmede de grootte van een eventuele gipsbemesting van invloed op de mate van verslemping.

c. Zoutkarteringen

Er werden in het voorjaar van 1947 nog enige duizenden monsters ingezonden, maar van een zoutkartering kon men eigenlijk alleen spreken in de Zuidwatering op Walcheren. In de overige gebieden werden niet systematisch monsters genomen, maar werden kleine arealen, waarvan bij een vorige gelegenheid de C-cijfers hoog waren geweest, tamelijk intensief bemonsterd. Deze gang van zaken was zeer begrijpelijk. Alle percelen, die reeds in het voorjaar van 1946 in de laag 5-20 cm een C-cijfer vertoonden lager dan 3, waren na een tweede winter praktisch zoutvrij. Van de iets zoutere kavels (C-cijfer tussen 3 en 6) had men in 1946 het gewas gezien; dikwijls waren er in de loop van 1946 nog weer eens monsters genomen, zodat ook van dergelijke kavels ten aanzien van de

te verwachten zoutschade wel wat kon worden gezegd. Vooral indien de betreffende landbouwers geen erg zoutgevoelige gewassen wilden verbouwen, was de interesse voor monsters van dit soort percelen gering. Ten slotte resteerden de gebieden die na de winter van 1945 op 1946 zout (C-cijfer 6 tot 10) of zeer zout (C-cijfer boven 10) waren geweest. Hiervan werd inderdaad een belangrijk deel in het voorjaar van 1947 opnieuw bemonsterd.

Door deze wijze van bemonsteren was het niet mogelijk uit de C-cijfers een kaart te maken, zoals in 1946 was geschied.

Slechts de Zuidwatering op Walcheren werd zodanig bemonsterd (meer dan 800 monsters van ruim 1600 ha) dat een zoutkaart kon worden samengesteld. Deze kaart bood een weinig hoopvol beeld, want de gebieden met C-cijfers beneden 6 vulden slechts een onbelangrijk deel van de kaart. De vraag kwam op waarom de Zuidwatering na één ontziltingswinter nog zoveel zouter was dan het westelijk deel van Walcheren in 1946 was geweest.

De twee voornaamste oorzaken van dit verschil waren de volgende:

1. Na de sluiting van het dijksgat bij Rammekens op 5 Februari 1946 bleven, doordat de ontwatering zeer sterk was gestoord, grote delen van de Zuidwatering nog geruime tijd dras of zelfs blank staan. Dit veroorzaakte vaak zeer hoge zoutcijfers in de bovenlagen van de grond.
2. Vele akkers waren overdekt met een laag vers zeeslik, waarin door indroging en capillaire opstijging de C-cijfers in de zomer van 1946 hoog opliepen. Bovendien was het vochtgehalte van deze sliklaag ook na de zomer van 1946 nog hoger dan van de oudere gronden, zodat de hoeveelheid zout die moest worden verplaatst ook groter was dan normaal.

Eigenlijk waren alleen in de omgeving van Oost-Souburg enkele gebieden behoorlijk ontzilt.

Een vijftal intensieve zoutkarteringen werd uitgevoerd in de Oost-Bevelandpolder. 39 plekken op nog geen 80 hectaren werden bemonsterd op 4 September, 7 October, 7 November 1946 en in Januari (een deel der plekken op 2 en een deel op 18 Januari) en op 19 Maart 1947. De cijfers kwamen zo goed met elkaar overeen dat in figuur 17 de gemiddelde ontziltingslijnen voor de lagen 0-5 en 5-20 cm zijn weergegeven. Uit de figuur blijkt nogmaals dat een goed ontwaterde, pas laat in de winter verslempende polder in één winter voldoende ontzilt om verbouw van niet al te zoutgevoelige gewassen mogelijk te maken. Tenslotte moge worden opgemerkt dat uit andere bemonsteringen bekend is, dat ook na 19 Maart nog enige uitspoeling van zout heeft plaatsgehad.

d. Diversen

Van de in de winter 1946 op 1947 en de in het voorjaar van 1947 uitgevoerde bijzondere onderzoeken zullen hier nog worden besproken: Een onderzoek naar de invloed van een gipsbemesting op de waterpassage door de grond; een onderzoek betreffende de vraag bij welk C-cijfer verslemping begint op te treden en een onderzoek naar de oorzaken van de ongelijkmatigheid der C-cijfers in de Theodoruspolder.

In de voorafgaande paragrafen is er meer dan eens op gewezen dat het binnendringen van regenwater in gronden die met zout water geïnundeerd zijn geweest, vaak ernstig wordt belemmerd doordat het oppervlak van de grond verslemt en ondoorlatend

FIG. 17. Oost-Bevelandpolder, Zuidbeveland, 1946 op 1947. Resultaten van enige zoutkarteringen.

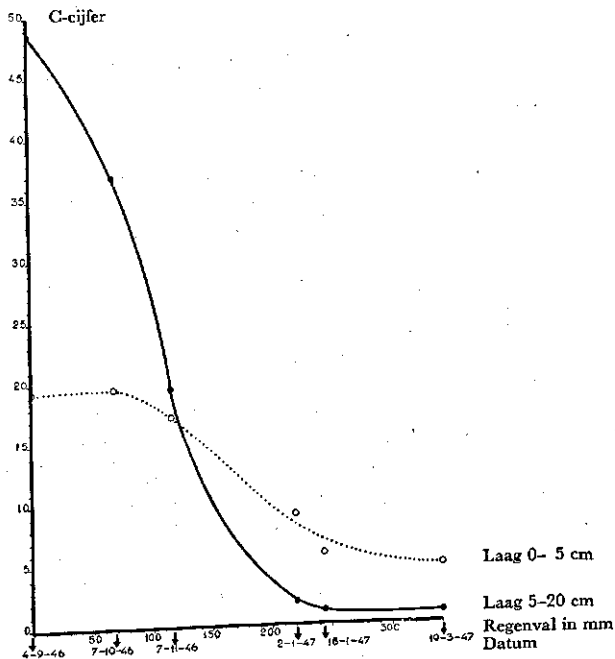


FIG. 17. Oost-Bevelandpolder, Zuidbeveland, 1946/1947. Mean C-figures of topsoil samples.

wordt. Een bemesting met gips (voor een kort overzicht betreffende het gebruik van gips zie men VAN DEN BERG en VERHOEVEN, 1947) voorkomt dit ondoorlatend worden grotendeels en bevordert daardoor de waterpassage door de grond. Fraaie gegevens omtrent dit gunstige effect van gips op de waterpassage door de grond leverden de gipsproefvelden. Een voorbeeld is door schrijver dezes reeds vroeger gepubliceerd (VERHOEVEN, 1949/1950). Hieronder zullen nog enkele andere gevallen worden behandeld.

Het proefveld SM 2 op Walcheren omvatte naast onbehandelde veldjes, vakken waarop een waardeloos preparaat van de Société de l'Humus (Parijs) werd aangewend, benevens vakken bemest met S, CaSO_4 , CaCl_2 en CaCO_3 . Een visuele beoordeling van de structuur leverde als eindconclusie dat in het voorjaar van 1947 de veldjes behandeld met het Franse preparaat, met S of met CaCO_3 een even slechte structuur vertoonden als de contrôleveldjes. CaCl_2 had structuurverbeterend gewerkt en CaSO_4 had dit in nog sterkere mate gedaan. Tabel 58 toont aan dat de waargenomen verschillen in structuur inderdaad ook tot uiting kwamen in de berekende neerwaartse waterpassage, anders gezegd in de productiviteit van de nuttige neerslag.

Maar ook andere proefvelden vertoonden dezelfde verschillen. Zo bedroeg op het proefveld AG 3 (Schouwen-Duiveland) de neerwaartse waterpassage gedurende de winter 1946 op 1947 in de O-veldjes 94 mm, maar in de veldjes die in herfst 1945 12 ton gips hadden ontvangen, 149 mm. In de overeenkomstige veldjes van het eveneens op

TABEL 58. Gipsproefveld SM 2, Walcheren, 1946 op 1947. Invloed van structuurverbeterende middelen op de neerwaartse waterpassage door de grond.

Waarnemingsperiode	29-11-'46 tot 24-4-'47						Period of observation
Aard en hoeveelheid van de bemesting	geen <i>none</i>	Frans product ¹	CaCO ₃ 5½ t/ha	S 3 t/ha	CaCl ₂ 6 t/ha	CaSO ₄ 15 t/ha	Type and quantity of the product
Neerwaartse waterpassage in mm (berekend over 40 cm diepte)	33	53	60	50	98	137	Downward passage in mm (calculated for the upper 40 cm)

¹ Effect gelijk met onbehandeld *No effect on structure observed*

TABLE 58. *Experimental field SM 2, Walcheren, 1946/1947. Influence of structure improving products on the waterpassage through the soil.*

Schouwen-Duiveland gelegen proefveld AG 7 waren deze cijfers respectievelijk 94 en 129 mm.

De achteruitgang van de structuur begint niet terstond na de inundatie, maar eerst nadat een belangrijke uitspoeling van zout heeft plaatsgevonden. Het is van belang te weten bij welk C-cijfer de ineenstorting van de structuur aanvangt. Immers vanaf dat moment wordt de ontzilting in vele gevallen ernstig belemmerd.

Om enig inzicht te verkrijgen in de vraag bij welk C-cijfer de structuurgebreken beginnen op te treden, werden op 20 Januari 1947 op Walcheren 23 plekken bemonsterd van 0-3 cm. Nu mag men van een dergelijk onderzoek niet te veel verwachten, omdat behalve de C-cijfers ook factoren als bewerking, begroeiing, humusgehalte en lutumgehalte van de grond van belang zijn. Humusrijke gronden vertonen zelfs in het geheel geen structuurverval.

De resultaten van het onderzoek waren dan ook moeilijk scherp te omschrijven. In sommige gevallen was de achteruitgang van de structuur bij C-cijfers in de laag 0-3 cm tussen 0,5 en 1 nog maar matig, terwijl in andere gevallen reeds bij C-cijfers tussen 2 en 3, ja soms reeds bij een C-cijfer van 4 een duidelijk structuurverval viel te constateren. Mede in verband met waarnemingen op andere plekken lijkt het veiligheidshalve gewenst dit laatste cijfer als grensgetal aan te houden.

Als laatste in de rij der bijzondere bemonsteringen moet worden vermeld een onderzoek in de Theodoruspolder in West-Brabant. In het voorjaar van 1946 was geconstateerd (vorige paragraaf) dat hier de ontzilting op enkele percelen bijzonder onregelmatig verliep. In het voorjaar van 1947 werden op deze percelen kuilen gespit tot 50 cm, op een goed ontzilte zowel als op een slecht ontzilte plek. Op het oog beoordeeld konden de grote verschillen in ontzilting niet worden geweten aan verschillen in doorlatendheid van de bovenste 50 cm. Toch was ook nu in de laag 0-20 cm op de goede plek het C-cijfer (4,6) veel lager dan op de slechte plek (19,8).

De oorzaken van het verschil in ontzilting werden vervolgens dieper in de grond gezocht. In de Theodoruspolder treedt nogal kwel op (HAANS, 1951) en er moest rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat deze kwel plaatselijk een belemmering vormde voor een snelle ontzilting. Op plekken die ten gevolge van kweldrang een sterke capillaire opstijging vertonen, wordt in de zomermaanden een belangrijk deel van de ontzilting van de voorafgaande winter weer teniet gedaan. In de volgende winter begint de ontzilting op dergelijke plekken op een veel ongunstiger zoutniveau dan op plekken zonder kweldrang. Op 20 Juni werden drie diepere boringen verricht. Twee in het ook reeds in de voorjaren van 1945, 1946 en 1947 bemonsterde weiland en wel op een goede plek en op een slechte plek. De derde boring werd verricht in een aan het weiland grenzend gerstperceel op een plek waar de gerst bijna dood was. De grond was

hier met een zoutkorst overdekt (C-cijfer in de laag 0-3 cm was 308!). Hieronder zal eerst een beschrijving volgen van de profielopbouw der drie plekken.

Plek 1. Weiland, goede plek. Tot 1,85 m zware zavel met schelpen; 1,85-1,95 m venige klei; 1,95-3,00 m veen, daaronder zand.

Plek 2. Weiland, slechte plek. Tot 1,60 m zware zavel met schelpen; 1,60-2,40 m venige klei; op 2,40 m zand.

Plek 3. Gerstperceel, zeer slechte plek. Tot 0,70 m zware zavel; 0,70 tot 1,25 m lichte zavel. Er kon niet dieper worden geboord, omdat het boorgat snel dichtwelde.

De resultaten van het zoutonderzoek in de monsters zijn in tabel 59 vermeld.

TABEL 59. Theodoruspolder, West-Brabant, 1947. Verschil in ontziltingstoestand op plekken met uiteenlopende kwel.

Datum van bemonstering	Date of sampling		26 Juni 1947
Diepte in cm beneden maaiveld <i>Depth in cm beneath surface</i>	C-cijfer		C-figure
	Plek 1 <i>Spot 1</i>	Plek 2 <i>Spot 2</i>	Plek 3 <i>Spot 3</i>
0-25	5,1	38,7	26,0
25-50	6,3	19,7	15,1
50-75	5,5	10,2	12,9
75-100	4,6	4,0	10,7
100-125	3,7	1,9	9,9
125-150	2,1	0,6	
150-175	1,2	0,4	
175-200	0,4	0,4	
200-225	0,4	0,4	
225-250	0,4	0,4	
250-275	0,3		
275-300	0,2		

TABLE 59. Theodoruspolder, West-Brabant, 1947. Differences in desalinization on spots with varying upward seepage.

Het water in de boorgaten in het weiland had, evenals het water uit de belendende sloot, een C-cijfer van $\pm 0,5$. Het water in het derde boorgat (gerstperceel) had een C-cijfer van 4,7.

De conclusie uit de hiervoor gegeven cijfers moet wel zijn dat de, ten gevolge van de nabijheid der hooggelegen zandgronden, onder de gehele Theodoruspolder aanwezige kweldrang slechts tot uiting komt op plaatsen waar het profiel er aanleiding toe geeft; dat wil zeggen, daar waar het zuivere veen ontbreekt. Dit kwelwater, dat zelf praktisch zoet is, belemmert op de genoemde plaatsen de ontzilting, doordat het gedurende de zomer de capillaire opstijging van het zoute water in de bovengrond – en daardoor de verzilting – bevorderde.

De terreingesteldheid deed vermoeden, dat de plekken 2 en 3 in een voormalige kreek lagen.

Als voornaamste resultaten van het in de winter 1946 op 1947 verrichte onderzoek mogen worden vermeld:

1. De hoeveelheid neerslag die tussen herfst en voorjaar in de grond werd geborgen, was niet groot en bleef in de meeste gevallen zelfs beneden de 40 mm.
2. De berekende neerwaartse waterpassage lag voor plekken met een vroege najaars-bemonstering veelal tussen de 100 en 200 mm. Op plekken zonder bovengrondse

- afvoer en zonder zijwaarts gericht watertransport binnen profieldiepte was een waterpassage van ongeveer 200 mm te verwachten.
3. Op de ontwateringsproefvelden bleven de drainafvoeren meestal duidelijk achter bij de berekende neerwaartse waterpassage, zodat ondergrondse afvoer buiten de drains om moest worden verondersteld.
 4. Na de vorstperiode functioneerden verscheidene grondwaterstandsbuizen minder goed; naar men mag aannemen, door het dichtslibben van de omwikkeling.
 5. De waarnemingen op het proefveld OW 7 weken sterk af van die op de overige proefvelden. Tussen de bemonsterde plekken bestonden zo grote verschillen, zowel in de grondwaterstanden als in ontzilting, dat berekeningen en beschouwingen niet mogelijk waren.
 6. In de Zuidwatering op Walcheren waren de C-cijfers na de winter nog weinig beoedigend.
 7. Op gipsproefvelden kon het belang van een goede structuur voor de neerwaartse waterpassage worden aangetoond.
 8. Als oorzaak van de trage ontzilting van enige plekken in de Theodoruspolder werd het tot uiting komen van een sterke kweldrang aangenomen.

5. WAARNEMINGEN VERRICHT GEDURENDE DE WINTER 1947 OP 1948

Op de in de herfst van 1946 op Walcheren aangelegde ontwateringsproefvelden werden ook in de winter 1947 op 1948 wederom tal van waarnemingen verricht.

Het aantal standaardplekken (61) verschilde nauwelijks van het in de voorafgaande winter bemonsterde aantal. De bestaande plekken waren gehandhaafd en slechts enkele nieuwe waren er bij gekomen. Ook nu kwamen niet van alle plekken de gegevens voor verwerking in aanmerking, maar dit jaar konden eveneens van enige andere bemonsteringen de cijfers dienst doen voor de berekeningen over de zout- en vochtthuishouding van geïnundeerde gronden in de winter.

Zoutkarteringen speciaal ten behoeve van de praktijk werden eigenlijk niet meer verricht. Het aantal monsters per dag was in 1946 gedurende het voorjaar zeer veel hoger geweest dan gedurende de rest van het jaar. In 1947 was dit verschil reeds sterk verminderd en in 1948 kon nauwelijks nog van extra voorjaarsdrukten ten gevolge van het inzenden van praktijkmonsters worden gesproken. Enkele door de schrijver zelf uitgevoerde kleine karteringen komen nog aan de orde.

Van de diverse onderzoeken waren speciaal de resultaten van enig diepere boringen het vermelden waard.

a. Ontwateringsproefvelden

De waarnemingen op deze proefvelden werden op dezelfde wijze verricht als in de voorafgaande winter. In de herfst en aan het eind van de winter vonden bemonsteringen van de grond plaats. De bemonsteringsdiepte werd vergroot van 80 tot 100 cm. Op OW 9 viel de herfstbemonstering uit, zodat voor dit proefveld een aantal beschouwingen achterwege moest blijven. Voorts werden dagelijks de grondwaterstanden geregistreerd, de draindebieten gemeten en de C-cijfers van het drainwater bepaald. Voor controle werden alle grondwaterstandsbuizen een keer leeggepompt. Verstoppingen werden niet geconstateerd, hetgeen een steun is voor de opvatting dat speciaal de vorstperioden – of althans de daarna soms optredende snelle stijging van het grondwater – het toetreden van het water in de meetbuizen ongunstig beïnvloedt. In de

winter 1947 op 1948 kwam, behalve in de tweede helft van Februari, geen vorst van betekenis voor. Uitgezonderd op OW 3 was het drainwater nogal vaak troebel. De troebeling van het drainwater is dus op zichzelf blijkbaar geen goede maat voor de kans op storing in het functionneren van de grondwaterstandsbuizen.

De waarnemingsperiode begon met aanhoudend tamelijk droog weer. Pas de vrij zware regenval tijdens de derde decade van November deed de grondwaterstanden zover stijgen, dat op enkele proefvelden kleine drainafvoeren voorkwamen. Op de meeste proefvelden begonnen de afvoeren pas tegen eind December of in Januari. Januari was buitengewoon nat. Ook de eerste decade van Februari bracht veel regen, daarna bleef het nagenoeg droog. Een overzicht van de neerslag geeft tabel 60.

TABEL 60. Neerslag in mm te Middelburg gedurende de ontziltingsperiode 1947 op 1948.

Maand Month	Decade			Totaal Total
	I	II	III	
September	24,4	9,3	15,2	48,9
October	3,5	9,4	14,8	27,7
November	21,7	13,1	45,7	80,5
December	31,3	8,0	49,4	88,7
Januari	57,3	43,3	28,9	129,3
Februari	32,7	11,1	0	43,8
Maart	0	15,3	7,1	22,4
Totaal Total				441,3

TABLE 60. Precipitation in mm at Middelburg during the desalinization period 1946/1947.

Het proefveld OW 1 werd bemonsterd op 22 September 1947 (zes plekken in de voorste raai en vijf in de achterste) en op 2 Maart 1948 (dertien plekken in de voorste raai en vijf in de achterste). Tussen deze data viel 385 mm regen, waarvan ongeveer 100 mm kan zijn verdampt. Voorts was niet minder dan 110 mm nodig om de vochtvoorraad van de grond aan te vullen. De droge zomer van 1947 had tot gevolg dat van de winterregens overal een groot deel nodig was om de grond op zijn wintervochtigte halte te brengen. De waterpassage werd berekend op 90 mm. Er blijft van de neerslag dan nog $385 - (100 + 110 + 90) = \pm 85$ mm over voor bovengrondse afvoer. Deze zal inderdaad wel aanzienlijk zijn geweest, want het proefveld was van begin November tot half Februari overdekt met plassen, die vaak zo groot werden dat ze rechtstreeks naar de sloten afvoerden. Een gedeelte van het proefveld was vroeg en ondiep geploegd en begipst, de rest werd tijdens de winter geploegd. Op beide gedeelten was de structuur uitermate slecht.

De grondwaterstanden liepen ten dele reeds door de Novemberregens wat omhoog, maar de snelle stijging begon pas op 26 December. Op 27 December stond het niveau in sommige buizen reeds gelijk met het maaiveld en tot half Februari is de grondwaterpiegel niet beneden de bouwvoor geweest. Daarna zakte het phreatisch vlak om op 18 Maart en 3 April (dus na de eigenlijke waarnemingsperiode) nogmaals enigszins te stijgen.

Reeds in de voorafgaande winter was gebleken dat de ontwatering van dit proefveld onvoldoende was, maar nu kwam dit feit wel zeer duidelijk aan het licht. In het tijdvak

van 2 tot en met 14 Januari bedroeg bij een gemiddelde dagelijkse neerslag van 7 mm de gemiddelde grondwaterstand 3 cm beneden maaiveld!

Met het opmeten van de drainebieten wilde het nog niet vlotten. De drains die uitmondten in de wegsloot leverden geen moeilijkheden, maar de uitmondingen van de drains aan de achterzijde van het perceel lagen permanent onder water, omdat de afvoercapaciteit van de betreffende sloot te klein was.

Hoewel van de voorzijde van het perceel dus een volledige serie drainebieten werd verkregen, was met deze cijfers nog niet veel te beginnen omdat de waterscheiding niet precies bekend was, zodat de omrekening op mm niet geheel betrouwbaar kon zijn. De totale afvoer zal wel ongeveer 50 à 60 mm hebben bedragen. Het door de grond gepasseerde water is dus zeker niet volledig via de drains afgevoerd, temeer niet daar uit de C-cijfers de indruk werd verkregen dat in de drainafvoeren af en toe nog enig bovengronds toegevoerd water was begrepen.

Het verband tussen de gemiddelde grondwaterstanden en de drainebieten was volkomen identiek aan het in de winter 1946 op 1947 gevonden verband. Bij hoge grondwaterstanden verdween elke correlatie tussen de hoogte van het phreatisch vlak en de drainafvoeren, waarschijnlijk omdat dan het water bovengronds naar de drainsleuf vloeide.

De C-cijfers van het drainwater waren in de aanvang ongeveer van dezelfde grootte als aan het einde van de vorige ontziltingsperiode, namelijk ruim 5,5. De cijfers daalden in de loop van de winter tot ongeveer 4,0, maar 't was niet zo gemakkelijk deze daling te constateren, omdat de waarden van dag tot dag sterk schommelden. Er bestond een duidelijk verband tussen de grootte van de afvoer en de hoogte van het C-cijfer. Bij hoge afvoeren ging deze correlatie verloren, hetgeen als een sterke aanwijzing voor bovengrondse afvoer naar de drainsleuven moet worden gezien (fig. 18).

In principe is in zoute gronden een verband tussen de grootte van de drainafvoer en de hoogte van het C-cijfer van het drainwater (de storing door bovengrondse afvoer naar de drainsleuven daargelaten) een te verwachten verschijnsel. Immers naarmate de grondwaterstanden hoger zijn zal meer water naar de drains vloeien, dat via korte en slechts weinig gekromde stroombanen de drains bereikt. Aangezien de ontzilting van de grond van bovenaf begint zal dit water in het algemeen minder zout zijn dan het via de diepere ondergrond naar de drains gestroomde water.

Dat een dergelijke correlatie soms niet of althans niet duidelijk waarneembaar is, kan zijn oorzaak vinden in verschillende omstandigheden.

In de eerste plaats kan indien de bouwvoor erg ondoorlatend is de variatie in de grondwaterstanden te gering zijn. Dit was het geval op de ontwateringsproefvelden die geobserveerd werden in de winter 1945 op 1946.

Belangrijker is dat in Zeeland in de eerste en tweede ontziltingswinter de lange stroombanen goeddeels in een weinig zoute ondergrond lagen, zodat het water dat vanuit de ondergrond naar de drains werd gestuwd een C-cijfer kon hebben dat weinig afweek van het C-cijfer van het water dat voornamelijk door de bovengrond, dus via zeer korte stroombanen, naar de drains stroomde. Dit geval zal zich op Walcheren op de ontwateringsproefvelden hebben voorgedaan in de winter 1946 op 1947. Toen kwamen op de meeste proefvelden toch ook hoge grondwaterstanden voor – zij het niet zo veelvuldig als in de winter 1947 op 1948 – en er was evenwel slechts een flauw verband tussen C-drainwater en de grootte van de drainafvoer.

Toch is er in de winter 1946 op 1947 ongetwijfeld boven het vlak door de drains

FIG. 18. Ontwateringsproefveld OW 1, Walcheren, 1946 op 1947.

- Verband tussen de gemiddelde grondwaterstanden op de akkers en de drainafvoeren.
- Verband tussen de C-cijfers van het drainwater en de drainafvoeren.

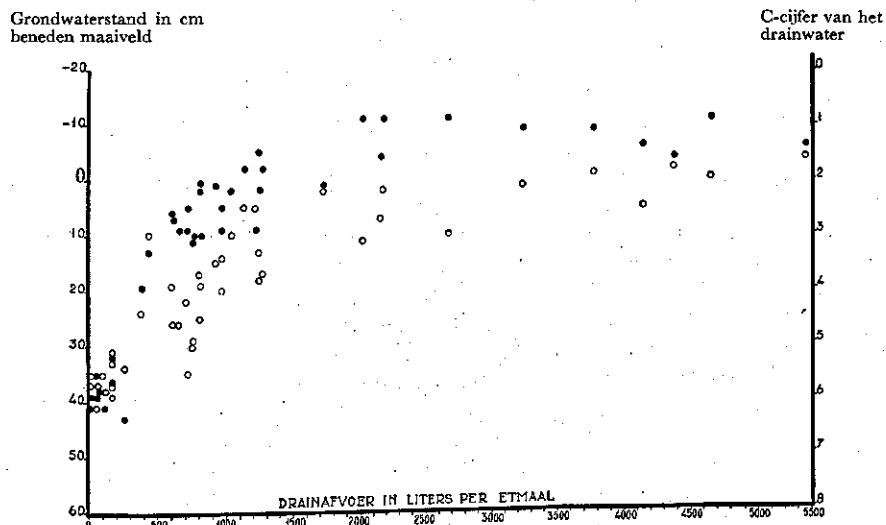


FIG. 18. Observation field OW 1, Walcheren, 1946/1947.

- Relation between the mean groundwatertables (midway between the drains) and the discharge.
- Relation between the C-figures of the outflow and the discharge.

water in zijwaartse richting naar deze drains toegevoerd. Overigens was de invloed van deze waterbeweging op de berekening van de neerwaartse waterpassage, althans voor de profieltypen waarop de ontwateringsproefvelden lagen, niet groot. Dit bleek uit het feit dat de berekende neerwaartse waterpassage midden op de akkers (waarmede in de berekeningen steeds werd gewerkt) niet noemenswaard verschilde van die op een afstand van de drains gelijk aan $\frac{1}{4}$ van de akkerbreedte.

Het lage nuttig effect van de neerslag, dat voor sommige standaardplekken werd vastgesteld en dat niet of slechts zeer ten dele kon worden geweten aan bovengrondse afvoer, moet zijn veroorzaakt door het vóórkomen van een vrijwel ondoorlatende ondergrond op geringe diepte.

Op het proefveld OW 3 werden op 23 September 1947 drie plekken in de voorste en vijf in de achterste raai bemonsterd. Op 3 en 4 Maart vond de voorjaarsbemonstering plaats met vijf plekken in de voorste en zeven in de achterste raai. Tussen deze data viel bijna 380 mm regen. De verdamping mag weer worden geschat op 100 mm en evenals op OW 1 werd 110 mm neerslag opgeslagen in de grond en de neerwaartse waterpassage werd berekend op 90 mm. Van de neerslag resteerde na aftrek van de hiervoor genoemde bedragen ongeveer 80 mm voor bovengrondse afvoer.

De structuur van de bovengrond was op dit proefveld weliswaar beter dan op OW 1, maar toch nog wel zo slecht, dat ook hier grote plassen voorkwamen en dat de grondgebruiker reeds op 10 en 11 December kielspitjes groef om het water rechtstreeks naar de sloten af te laten.

De grondwaterstanden stegen op dit proefveld zeer langzaam tot eind December. Toen ging het peil in de buizen sprongsgewijze omhoog. Ongeveer half Februari begon de daling, die alleen nog rond 3 April door een kleine stijging werd onderbroken. Reeds omstreeks 20 Februari lagen de grondwaterstanden beneden het niveau van de drains.

De overeenkomst tussen de waarnemingen van 1946 op 1947 en die van 1947 op 1948 was opvallend. Wel lagen de grondwaterstanden nu gedurende anderhalve maand op een peil, waarvan in de voorafgaande winter slechts zelden sprake was geweest, maar de verschillen tussen de niveaus in de buizen waren gelijk aan die van een jaar tevoren.

De grondwaterstanden in de buizen gingen wederom fraai gelijktijdig en gelijkmatig op en neer en lagen bij buis 1 hoger dan bij buis 3 en bij buis 4 hoger dan bij buis 6. Bovendien gaf de achterste raai weer hogere grondwaterstanden te zien dan de voorste. De regenrijke winter leerde dat, zoals reeds in 1946 werd verondersteld, de ontwateringstoestand achter op de linker akker niet voldoende was. Daar liepen de grondwaterstanden zo hoog op, dat wekenlang het phreatisch vlak nagenoeg met het maaiveld samenviel. Ook bij buis 1 waren de grondwaterstanden vaak te hoog. Toch was de plasvorming bij buis 4 en bij buis 1 lang niet zo sterk als op de rechter helft van het veld. Het is zelfs niet gewaagd om te veronderstellen dat juist door de grotere doordringendheid van de bouwvoor op de rechterzijde van het proefveld – waarschijnlijk gecombineerd met de wat hogere ligging aldaar – de grondwaterstanden op de linkerzijde zo hoog konden oplopen.

Hoe weinig doorlatend de bouwvoor was, bleek reeds op 3 December. De plassen waren op die datum al zo groot, dat water bovengronds afvloeide naar de sloot, terwijl de grondwaterstanden alle meer dan 100 cm beneden maaiveld lagen. Soortgelijke waarnemingen vermeldt HISSINK (1922).

De totale drainafvoer bedroeg ongeveer 55 mm, zodat ook voor deze winter – de neerwaartse waterpassage werd immers berekend op 90 mm – enige ondergrondse afvoer, buiten de drains om, kon worden geconstateerd. De dagelijkse debieten waren hoog in vergelijking met de voorafgaande winter; afvoeren tussen 1 en 2 mm daags waren algemeen, terwijl ook afvoeren optraden boven 2 mm, ja tot 4,0 mm toe.

De laatste lage afvoeren in het voorjaar van 1947 hadden een C-cijfer van 9,0; de eerste lage afvoeren in December 1947 toonden C-cijfers van omstreeks 7,5. Dit verschil moet worden geweten aan het feit, dat zowel na de laatste voorjaarsafvoeren als vóór de eerste winterafvoeren de ontzilting van de grond voortgang heeft gemaakt. Gedurende de winter daalden de C-cijfers voor de kleine afvoeren tot ongeveer 5. In verband met de sterk wisselende debieten waren de C-cijfers nogal aan schommelingen onderhevig. De uitersten werden gevormd door een C-cijfer 7,7 bij een afvoer van 0,1 mm en een C-cijfer 1,5 bij een afvoer van 4 mm.

OW 5 werd bemonsterd op 14 September 1947 en op 4 en 5 Maart 1948. In de voorste raai betrof de bemonstering beide keren vijf plekken en in de achterste raai vijf plekken in de herfst en negen in de nawinter. Tijdens de waarnemingsperiode viel 380 mm regen. Ongeveer 100 mm diende ter aanvulling van de vochtvoorraad van de grond en de neerwaartse waterpassage werd berekend op 110 mm. Wanneer de verdamping op ± 120 mm werd geschat, resteerde van de neerslag dus $380 - (100 + 110 + 120) = 50$ mm.

De grondwaterstanden gaven weinig aanleiding tot commentaar, afgezien van het

feit dat ze vanaf eind December tot ongeveer half Februari op vrijwel het gehele proefveld veel te hoog waren.

De totale drainafvoer beliep voor de ene drain ± 125 en voor de andere ± 135 mm. De gemeten afvoeren lagen dus hoger dan de berekende neerwaartse waterpassage. Op deze schijnbare tegenspraak wordt hieronder nog nader teruggekomen.

Over de C-cijfers van het drainwater valt te vermelden, dat door de sterke schommelingen bijna niet was te bepalen met welk C-cijfer de afvoeren begonnen en met welk C-cijfer ze eindigden. In elk geval is de daling in het zoutgehalte niet groot geweest. Wel waren de C-cijfers van begin af aan lager dan aan het eind van de vorige waarnemingsperiode. Een merkwaardigheid vormden de C-cijfers uit het begin van December. Deze lagen vrijwel allemaal beneden 1, terwijl tegen eind December bij de eerste grote afvoeren C-cijfers werden gevonden tussen 8 en 10. Ter verklaring zou men kunnen veronderstellen dat het enige tijd heeft gekost voordat het C-cijfer onder in de drainsleuf weer was gestegen tot de waarde van de grond naast de sleuf. Het lijkt evenwel waarschijnlijker dat een groot deel van de kleine afvoeren afkomstig was van boven de drains op het land staande plassen. Dergelijke afwijkingen in het C-cijfer van het drainwater aan het begin van een ontziltingsperiode werden wel eens vaker gevonden, zij het zelden in een zo opvallende vorm als hier het geval was.

Hieronder mogen dan nog enige – zij het tamelijk speculatieve – beschouwingen volgen over de zojuist geconstateerde anomalie tussen de totale drainafvoer en de berekende neerwaartse waterpassage.

Zoals vermeld, bedroeg de drainafvoer voor de beide drains respectievelijk ± 125 en ± 135 mm. Nu zijn deze hoeveelheden beslist niet volledig langs de normale waterbanen door de grond gevoerd. Dit kon worden geconcludeerd uit de C-cijfers van het drainwater. Deze daalden naarmate de afvoeren stegen, om op een bepaald punt alle verband met de debieten te verliezen. De keuze van dit punt was enigszins arbitrair, maar het was wel waarschijnlijk dat bij afvoeren groter dan ± 3 mm per dag (en er kwamen afvoeren voor van bijna 15 mm daags!) bovengrondse toevoer naar de drainsleuf in het spel moest zijn. Wanneer nu werd aangenomen dat alles wat werd afgevoerd boven 3 mm daags, bovengronds naar de drainsleuf of de naaste omgeving daarvan was gevoerd, dan werd deze hoeveelheid voor de beide drains (in dezelfde volgorde als boven) respectievelijk ± 20 en ± 40 mm. De normale aanvoer naar de drains is dan niet meer geweest dan 95 en 105 mm. Waarschijnlijk zijn zelfs deze waarden nog wel iets te hoog, gezien het feit dat ook bij kleinere drainafvoeren de C-cijfers van het drainwater wel eens bovengrondse toevoer deden vermoeden. Dat de zojuist genoemde draindebieten wat aan de hoge kant zijn is ook daarom aannemelijk, omdat de ondergrondse afvoer wel groter zal zijn geweest dan 5 à 15 mm.

Het proefveld OW 7 werd bemonsterd op 17 September 1947 en op 8 Maart 1948 en wel op dezelfde wijze als OW 5: In de voorste raai beide keren vijf plekken, in de achterste raai respectievelijk vijf en negen plekken. De neerslag tijdens de waarnemingsperiode bedroeg 380 mm. Hiervan kan ± 110 mm zijn verdampt; ter aanvulling van het vochtgehalte van de grond was niet minder dan 150 mm nodig. Verslamping en bovengrondse afvoer kwamen niet voor (het perceel lag in lucerne en was begipst), zodat de neerwaartse waterpassage ± 120 mm kan hebben bedragen. De gemiddelde bedatte neerwaartse waterpassage bedroeg ruim 100 mm, dit scheelde dus niet zoveel, maar in verband met de grote verschillen tussen de plekken was middelen eigenlijk niet geoorloofd.

De grondwaterstanden in de verschillende buizen gedroegen zich weer niet erg gelijkmatig, maar waren in elk geval niet bijzonder hoog.

Om een idee te geven hoe verschillend de grondwaterstanden op eenzelfde akker reageerden is figuur 19 opgenomen. Ter vergelijking zijn ook de cijfers van twee buizen op één akker van OW 3 in de figuur weergegeven.

Waren in de winter 1946 op 1947 de drainafvoeren te verwaarlozen, ditmaal gold dit slechts voor één der beide drains; de andere voerde ± 25 mm af. De C-cijfers van het drainwater waren laag en varieerden van 0,2 tot 3,5.

Dit proefveld vertoonde dus in twee achtereenvolgende winters verschillende merkwaardigheden:

- De berekende waterpassages varieerden plek voor plek sterk.
- De grondwaterstanden in de verschillende buizen vertoonden onderling weinig verband.
- De gemeten drainafvoeren waren gering en er was geen duidelijke correlatie tussen de debieten en de bijbehorende gemiddelde grondwaterstanden midden op de akkers.
- De drainsleuven vertoonden abnormaal lage C-cijfers.

Hoe moet dit alles nu worden verklaard? Waarschijnlijk is de doorlatendheid van de grond onder de bouwvoor (plaatselijk wellicht tot een diepte van 1 m minstens) weliswaar onregelmatig maar in het algemeen gering, althans vergeleken met de dieper gelegen ondergrond. Op de slechtst doorlatende plekken reageren de grondwaterstanden niet voldoende op de regenval omdat een deel van de neerslag door de toplagen naar de – vaak zeer nabijgelegen – doorlatender plekken stroomt. (Achteraf beschouwd zou het interessant zijn geweest om met korte buisjes in de bovengrond naar schijn-

FIG. 19. Ontwateringsproefvelden OW 3 en OW 7, Walcheren, 1948. Grondwaterstanden in het tijdvak van 28-1-1948 tot 16-2-1948.

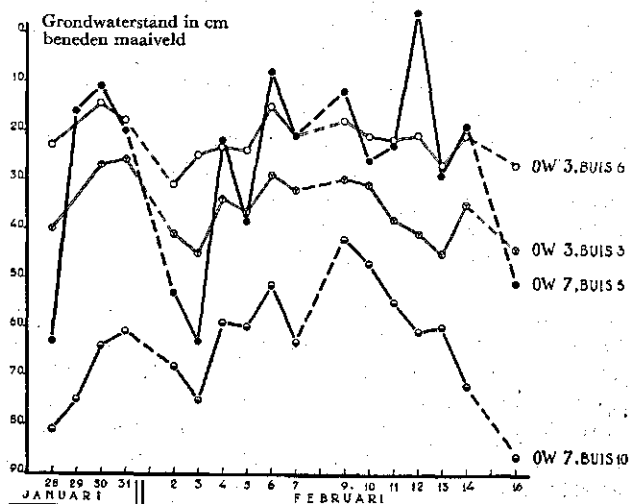


FIG. 19. Observation fields OW 3 and OW 7, Walcheren, 1948. Groundwatertables in the period from 28-1-1948 till 16-2-1948.

spiegels te zoeken.) De ontziltling van de slecht doorlatende gedeelten is gering en de grondwaterstanden (die trouwens gewoonlijk laag zijn) vertonen nauwelijks verband met de drainafvoeren. De iets beter doorlatende plekken vertonen een vrijwel normale neerwaartse waterpassage en vrij hoge grondwaterstanden (ten gevolge van zijwaartse toevoer door de toplagen), die een redelijk verband te zien geven met de drainafvoeren (tabel 61).

TABEL 61. Ontwateringsproefveld OW 7, Walcheren, 1946 op 1947. Verband tussen de grondwaterstanden op de akkers en de drainafvoeren.

Drainafvoeren in l per etmaal	0-200	200-800	800-1600	> 1600	<i>Discharges in l/24 hours</i>
Aantal waarnemingen	8	9	8	7	<i>Number of observations</i>
Gemiddelde grondwaterstand in cm beneden maaiveld	64	58	57	52	<i>Mean groundwatertables in cm beneath surface</i>
Grondwaterstanden in buis 10 in cm beneden maaiveld	48	30	26	7	<i>Groundwatertables in test well 10 in cm beneath surface</i>

TABLE 61. Observation field OW 7, Walcheren, 1946/1947. Relation between the groundwatertables midway between the drains and the discharge of the drains.

De noordelijke drain ligt zeer ondiep (± 35 cm ter plaatse van de grondwaterstands-buizen). Deze drain heeft bijna nooit dienst gedaan. In het voorjaar van 1947 waren de C-cijfers onder de drain in de laag 100 tot 120 cm beneden maaiveld ongeveer 0,8 tegen ruim 14 op dezelfde diepte op de middens van de naastgelegen akkers. Deze drainsleuf heeft de erop gevallen regen gemakkelijk kunnen verwerken en bovendien waarschijnlijk nog toevoer gehad door de bovengrond van de terzijde gelegen grond, waardoor de zeer lage C-cijfers begrijpelijk worden en waarmee tevens kan worden verklaard dat de grondwaterstanden onder de drain af en toe hoger waren dan op de bijbehorende akkermiddens.

De zuidelijke drain ligt dieper (± 75 cm beneden maaiveld ter plaatse van de grondwaterstands-buizen). Deze drain heeft af en toe afgevoerd. Hierdoor waren de C-cijfers beneden draindiepte niet zo exorbitant laag als onder de noordelijke drain, maar overigens geldt voor deze drain dezelfde redenering als voor de andere.

De doorlatende ondergrond kan het water blijkbaar gemakkelijk buiten de drains om rechtstreeks afvoeren naar de sprink aan de voorzijde van het proefveld. Het peil van deze sprink was meestal ongeveer 2 m beneden maaiveld. Anderzijds zijn de totale draindebieten mogelijk wat groter geweest dan uit de metingen naar voren kwam, omdat op dit bodemtype de drainafvoeren in korte tijd een tamelijk grote fluctuatie kunnen vertonen. Mogelijk zijn de schaarse afvoermetingen, die konden worden verkregen, niet geheel representatief.

Op dit proefveld is gedurende de winter nog getracht de oorzaken te vinden van de ongelijkmatige waterbeweging door de grond, maar dit is niet gelukt. Wel werden op korte afstand grote verschillen in C-cijfer gevonden, maar met eenvoudige middelen (be-

paling lutumgehalte, bepaling poriënvolume en visuele structuurbeoordeling) was voor deze verschillen geen verklaring te vinden.

Op OW 9 werd de herfstbemonstering niet uitgevoerd, waardoor een aantal beschouwingen achterwege moet blijven.

De grondwaterstanden liepen op dit proefveld af en toe hoog op, maar ze daalden ook weer snel tot het niveau van de drains was bereikt, daarna verliep de daling wat langzamer. Hoewel de grondwaterstanden wel eens in de bouwvoor piekten – dit was bij een zo ondiepe ligging der drains te verwachten – kon toch eigenlijk niet van een onvoldoende ontwatering worden gesproken.

De hooggelegen drains hebben in deze natte winter wel dienst gedaan. De drain die dan nog het diepst lag (40 cm beneden maaiveld) voerde 85 mm af, de beide andere elk 50 mm. Hoewel de neerwaartse waterpassage niet bekend was, kon toch veilig worden geconcludeerd dat voor deze laatste twee drains een deel van het door de grond gepasseerde water buiten de drains om tot afvoer moet zijn gekomen.

De drainafvoeren eindigden in de eerste helft van Februari. De C-cijfers van het drainwater varieerden nogal, maar waren in het algemeen wat hoger dan men op grond van de bemonstering van 5 Maart 1948 zou verwachten.

Op OW 10 vond de herfstbemonstering plaats op 19 September. Er werden in beide raaien zeven plekken bemonsterd. De tweede bemonstering (op 1 Maart) werd uitgebreid tot 19 plekken in de voorste en 13 plekken in de achterste raai. De neerslag in de tussengelegen periode bedroeg 385 mm. Hiervan kan ongeveer 105 mm zijn verdampt; 130 mm diende ter verhoging van het vochtgehalte van de grond. De neerwaartse waterpassage werd berekend op 120 mm. Veel bovengrondse afvoer kan er dus niet zijn geweest.

Bij de voorjaarsbemonstering werden in de voorste raai, behalve in de drainsleuven, ook monsters genomen op een meter afstand van de drain. Uit de cijfers bleek dat beneden draindiepte in alle drie drainsleuven de grond zouter was dan op een meter afstand van de drain. Tabel 62 geeft een voorbeeld van dit verschijnsel. Voor een goed begrip zij nog vermeld dat de drain in dit geval op 63 cm beneden maaiveld lag.

TABEL 62. Ontwateringsproefveld OW 10, Walcheren, 1947 op 1948. C-cijfers in de drainsleuf en op 1 m afstand van de drainsleuf op 1 Maart 1948.

Plaats van bemonstering		Op 1 m naast de drain (links)	In de drainsleuf	Op 1 m naast de drain (rechts)
Laag in cm Layer in cm	0-10	0,5	0,6	0,4
	10-20	0,4	0,3	0,5
	20-40	0,4	0,4	0,4
	40-60	0,6	0,5	0,6
	60-80	1,6	7,0	1,8
	80-100	4,7	7,8	3,3
Place of sampling		1 m from tile drain to the left	Above and under tile drain	1 m from tile drain to the right

TABLE 62. Observation field OW 10, Walcheren, 1947/1948. C-figures above and under the tile drain and at 1 m distance from the latter.

De verklaring voor de waargenomen verschillen in de C-cijfers beneden draindiepte zal hierin moeten worden gezocht, dat het water dat – op weg naar de drain – de laag 60–80 cm passeert, onder de drain nagenoeg rechtstandig naar boven stroomt, terwijl op een meter afstand van de drain het water slechts onder een flauwe hoek naar boven stroomt. In het eerste geval komt het water uit de zoute ondergrond, in het tweede geval heeft het water veel minder diepgelegen en dus veel minder zoute lagen doorstroomd.

De grondwaterstanden waren vóór op het proefveld door de Novemberregens al wat gestegen, achterop kwam de stijging (110 cm in drie dagen) eerst tegen het eind van December. Ondanks de natte winter was op twee van de vier akkers het niveau van het grondwater bevredigend, op de derde akker liepen de grondwaterstanden aan de achterzijde te hoog op en op de vierde akker was de ontwateringstoestand aan beide zijden onvoldoende. Hier stond het water gedurende een belangrijk deel van de waarnemingsperiode in de bouwvoor.

De totale drainafvoer bedroeg een 90 mm. Er is dus in elk geval enige ondergrondse afvoer geweest buiten de drains om. De hooggelegen middelste drain, die andere jaren weinig of geen dienst deed, verwerkte nu ruim 21 % van de totale afvoer.

De C-cijfers van het drainwater waren ook op dit proefveld minder regelmatig dan in de voorafgaande winter. Dit verschijnsel is als volgt verklaarbaar. Bij hoge grondwaterstanden ontstaat altijd enig watertransport boven het vlak op draindiepte in zijwaartse richting naar de drain. Zolang de bovengrond nog tamelijk zout is en de ondergrond nog niet te sterk is verzilt (1e en eventueel 2e verziltingswinter) komt het bedoelde transport in de C-cijfers van het drainwater nauwelijks tot uiting. In de winter 1947 op 1948 was de bovengrond in vele gevallen al ver ontzilt en was de ondergrond inmiddels al tamelijk zout geworden, met als gevolg een snel dalen van het C-cijfer van het drainwater naarmate de debieten stijgen. Zo lage C-cijfers dat bovengrondse toevoer naar de drainsleuf mocht worden verondersteld, kwamen niet voor. De C-cijfers van de afvoeren van de diepgelegen drains begonnen op hetzelfde niveau als of zelfs iets hoger dan waarmee de afvoeren in het voorjaar van 1947 waren geëindigd. In de middelste drainsleuf was het C-cijfer in de aanvang lager dan aan het eind van de vorige waarnemingsperiode.

Door de sterke variabiliteit van de C-cijfers was de daling ervan niet nauwkeurig op te geven. Voor drie drains bedroeg de daling ruim twee eenheden, voor twee drains ongeveer vier eenheden en voor de laatste drain zelfs vijf eenheden.

Samenvattend kan ten aanzien van de ontwateringsproefvelden worden gezegd dat van de neerslag meer in de grond was geborgen dan in de voorafgaande winter. Ook de neerwaartse waterpassage was in het algemeen wat hoger. Vergeleken met de winter 1946 op 1947 waren trouwens de drainafvoeren veelal meer gestegen dan de berekende neerwaartse waterpassage. Dit was begrijpelijk omdat bij aanhoudend hoge grondwaterstanden het aandeel van de drains in de afvoer van het zakwater groter is dan bij lagere grondwaterstanden. Op OW 5 waren de drainafvoeren abnormaal hoog ten gevolge van bovengrondse watertoevoer naar de drainsleuf. Het afwijkend gedrag van het proefveld OW 7 werd bevestigd.

De beschouwingen over de ontwateringsproefvelden mogen worden besloten met een tabel (63), die een overzicht geeft van de waarnemingen.

TABEL 63. Ontwateringsproefvelden, Walcheren, 1947 op 1948. Overzicht van de verkregen resultaten.

No. kolom	1	2	3	4	5	6	7	8
No. proefveld	Waarnemingsperiode	Neerslag in mm	Geschatte verdamping in mm	Waterberging in mm	Waterpassage in mm	2-(3+4+5)	Drainafvoer in mm	5-7
OW 1	22-9-'47 tot ±3-3-'48	385	100	110	90	85	±55	±35
OW 3	23-9-'47 tot ±4-3-'48	380	100	110	90	80	55	35
OW 5	14-9-'47 tot ±5-3-'48	380	120	100	110	50	< ±100	> ±10
OW 7	±18-9-'47 tot ±8-3-'48	380	110	150				
OW 10	19-9-'47 tot 1-3-'48	385	105	130	120	30	90	30
No. observation field	Periods of observation	Precipitation in mm	Evaporation in mm (estimated)	Increase of soil moisture in mm	Downward waterpassage in mm	2-(3+4+5)	Discharge in mm	5-7
No. column	1	2	3	4	5	6	7	8

TABLE 63. Observation fields, Walcheren, 1947/1948. Synopsis of the results obtained.

b. Standaardplekken

Aan de standaardplekken werd meer zorg besteed dan in de voorafgaande winters. In de eerste plaats werd op bijna de helft der plekken een tussenbemonstering uitgevoerd in de tweede helft van December en één in de tweede helft van Januari, terwijl voorts op deze plekken ook enkele malen de grondwaterstanden werden opgenomen. Deze extra werkzaamheden hebben, zoals hierna nog zal blijken, aan de cijfers een aanmerkelijk grotere bruikbaarheid verleend.

De meeste standaardplekken werden de eerste keer bemonsterd tegen het einde van Augustus of in het begin van September. De eindbemonstering vond meestal plaats in de eerste helft van Maart. Zoals steeds viel voor het opzetten van berekeningen een aantal plekken uit, omdat de C-cijfers te laag en daardoor te onbetrouwbaar waren, omdat het profiel zich niet voor het opzetten van berekeningen leende of omdat de bemonsteringsdata minder gunstig waren.

Ten aanzien van de veranderingen in de A-cijfers gedroegen de plekken zich nogal uniform. De zomer van 1947 was zeer droog geweest en op de meeste plekken was een 100 à 150 mm nodig om de geslonken vochtvoorraad aan te vullen, in enkele gevallen nog meer, tot ruim 200 mm toe. Op plekken waar het gewas ondiep had geworteld ten

gevolge van de hoge C-cijfers onder in het profiel (VAN DEN BERG, 1952) bleef de hoeveelheid in de grond geborgen neerslag beneden de 100 mm.

De verhoging van het vochtgehalte van de grond was omstreeks half December grotendeels voltooid. Deze waarneming sloot goed aan bij het feit dat tegen eind December de grondwaterstanden begonnen te stijgen en de drains begonnen af te voeren. Weliswaar liepen de A-cijfers nog verder op – ze waren in de tweede helft van Januari zonder uitzondering nog weer hoger dan in December – maar de stijgingen waren in het algemeen niet groot en waren tegen begin Maart weer goeddeels te niet gedaan. Een en ander moet worden geweten aan het feit dat de bemonsteringen van December en Maart plaats vonden bij lage grondwaterstanden, terwijl tijdens de Januaribemonstering vaak zeer hoge standen werden gemeten. Tabel 64 geeft een beeld van de wijzigingen in de vochtvoorraad gedurende de winter 1947 op 1948.

TABEL 64. Standaardplekken, 1947 op 1948. Toeneming in mm van de vochtvoorraad in een profiel tot 80 cm gedurende de winter.

Waarnemingsperiode <i>Period of observation</i>	$\pm 1-9-47$ tot $\pm 10-12-47$	$\pm 10-12-47$ tot $\pm 20-1-48$	$\pm 20-1-48$ tot $\pm 11-3-48$
Oost-Bevelandpolder	104	25	-28
Walcheren	114	36	-25
Schouwen-Duiveland	97	26	-21

TABLE 64. *Sampling spots, 1947/1948. Increase of soil moisture in mm in the upper 80 cm during the winter.*

Een klein deel van het vochtverlies na eind Januari komt voor rekening van een beginnende indroging in de laag 0-10 cm ten gevolge van het droge weer, het grootste deel komt echter voor rekening van de uitzakking van water ten gevolge van de gedaalde grondwaterstanden (tabel 65).

TABEL 65. Standaardplekken, 1947 op 1948. Verdeling van het vochtverlies over de verschillende lagen gedurende de periode $\pm 20-1-48$ tot $\pm 11-3-48$.

Laag in cm <i>Layer in cm</i>	0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
Vochtverlies in mm <i>Decrease of soil moisture in mm</i>	6	3	6	5	5

TABLE 65. *Sampling spots, 1947/1948. Decrease of soil moisture in the different layers of the profile during the period $\pm 20-1-48$ till $\pm 11-3-48$.*

Voor een aantal plekken kon de berekening van de neerwaartse waterpassage niet worden uitgevoerd, omdat de C-cijfers van de onderste laag in de loop van de winter te sterk waren gedaald. In dergelijke gevallen is de berekening van de neerwaartse waterpassage niet geoorloofd, omdat – zoals in hoofdstuk I werd uiteengezet – het C-cijfer van het afgevoerde water niet meer met voldoende nauwkeurigheid bekend is.

Zonder de tussenbemonsteringen waren van verscheidene plekken de cijfers volledig onbruikbaar geweest. Voor enige van deze plekken zou de berekende neerwaartse waterpassage een vrijwel normale waarde hebben vertoond, ondanks het feit dat het

opzetten van deze berekening niet geoorloofd was. Dit werd veroorzaakt doordat tijdens de zeer natte decaden van December en Januari (tabel 60) in het algemeen een geringe neerwaartse waterpassage werd berekend, mogelijk als gevolg van bovengrondse afvloeiing of zijwaartse afvoer binnen profieldiepte. Voor dit laatste werd – indien het profiel een zodanige waterbeweging toeliet – door de vaak hoge grondwaterstanden in elk geval de mogelijkheid geschapen.

Dank zij de tussenbemonsteringen was het mogelijk om toch nog – zij het globaal – te becijferen hoe de grond op de neerslag had gereageerd (tabel 66). Voor elke periode werden slechts die plekken gebruikt, waarvan de daling van het C-cijfer in de onderste laag niet te groot was.

TABEL 66. Standaardplekken, 1947 op 1948. Waterberging en neerwaartse waterpassage gedurende de winter.

Waarnemingsperiode <i>Period of observation</i>	±1-9-'47 tot ±10-12-'47	±10-12-'47 tot ±20-1-'48	±20-1-'48 tot ±11-3-'48	Totaal <i>Total</i>
Neerslag in mm <i>Precipitation in mm</i>	±205	±165	±60	±430
Stijging vochtvoorraad in mm <i>Increase of soil moisture in mm</i>	±110	±30	±25	±115
Waterpassage in mm <i>Downward waterpassage in mm</i>	±20	±50	±35	±105

TABEL 66. *Sampling spots, 1947/1948. Increase of soil moisture and downward waterpassage during the winter.*

c. Zoutkarteringen

Er werden wederom twee zoutkarteringen uitgevoerd in de Oost-Bevelandpolder, één op 3 September 1947 en één op 9 Maart 1948. Hierbij werden dezelfde 39 plekken bemonsterd die in de winter 1946 op 1947 waren gebruikt. De resultaten van deze zoutkarteringen – ter vergelijking zijn de gegevens van de laatste voorjaarskartering van 1947 er bij vermeld – zijn verwerkt in tabel 67. De uitspoeling van zout lijkt groter dan ze was, omdat in September de C-cijfers alleen al zeer hoog waren door de bijzonder lage A-cijfers.

TABEL 67. Zoutkarteringsplekken, Oost-Bevelandpolder, 1947 op 1948. Gemiddelde C-cijfers in de bouwvoor voor en na de winter.

Datum van bemonstering <i>Date of sampling</i>	19-3-'47	3-9-'47	9-3-'48
Laag in cm 0-5 <i>Layer in cm 5-20</i>	0,8 4,7	14,6 13,1	0,5 0,5

TABEL 67. *Topsoil samples, Oost-Bevelandpolder, 1947/1948. Mean C-figures before and after the winter.*

Een andere kleine kartering werd uitgevoerd in een deel van de polder Ellewoutsdijk. De bemonsterde plekken waren na een kortstondige inundatie in November 1944 drooggevalen. Alle monsterplekken (14 in getal) lagen in grasland, dat voor het

grootste deel ook vóór de inundatie enigszins ziltig was. Monsters werden genomen in het voorjaar van 1945, in de herfst van 1945 en in het voorjaar van 1947 en 1948. De gemiddelde C-cijfers van de 14 plekken staan vermeld in tabel 68. Bij de tabel moet worden opgemerkt dat de bemonsteringen van 1945 betrekking hebben op de laag 5-20 cm en de andere op de laag 10-20 cm. Voorts vond de voorjaarskartering van 1947 te laat plaats (Mei), waardoor de cijfers wellicht reeds wat hoger waren dan vlak na de winter. In elk geval blijkt uit de tabel, dat deze plekken wel een sterk contrast vormen met die uit de Oost-Bevelandpolder, want van ontzilting kan men eigenlijk nauwelijks spreken.

TABEL 68. Zoutkarteringsplekken, Ellewoutsdijk, 1945, 1947 en 1948. Gemiddelde C-cijfers van 14 graslandplekken.

Tijdstip van bemonstering <i>Period of sampling</i>	Voorjaar '45 <i>Spring '45</i>	Herfst '45 <i>Autumn '45</i>	Voorjaar '47 <i>Spring '47</i>	Voorjaar '48 <i>Spring '48</i>
C-cijfer <i>C-figure</i>	10,5 ¹	16,9 ¹	11,2 ²	8,9 ²

¹ Laag 5-20 cm *Layer 5-20 cm.*

² Laag 10-20 cm *Layer 10-20 cm.*

TABLE 68. *Topsoil samples, Ellewoutsdijk, 1945, 1947 and 1948. Mean C-figures of 14 sampling spots on meadows.*

Bij tabel 68 dient wel te worden vermeld, dat het hier laaggelegen, slecht ontwaterde graslanden betrof, waar vermoedelijk bovendien zoute kwel optrad.

d. Diversen

Onder dit hoofd zullen alleen worden besproken de resultaten van enige diepere boringen. Met deze boringen (tot twee à drie meter) werd een aanvang gemaakt in de winter 1945 op 1946 en ze werden voltooid in 1948. Allerlei belangwekkende resultaten werden er mede verkregen.

In vele niet geïnundeerde oude gebieden (Poel van Goes, Breede Watering bewesten Ierseke en nabij Kleverskerke op Walcheren) was de ondergrond vaak zeer zout, zij het dat onder de ruggen het zoute water veelal wat dieper werd aangetroffen (gemeten ten opzichte van een horizontaal vlak) dan onder de kommen. Op Walcheren werd onder een rug met veen in de ondergrond, zelfs in de klei onder het veen (3,20 m diep) practisch nog geen zout aangetroffen.

De aardigste gegevens leverden de diepere boringen die herhaald werden, omdat daarin de verplaatsing van het door de inundatie aangevoerde zout kon worden nagegaan. Als voorbeeld van een dergelijke reeks boringen zijn hieronder de gegevens van de standaardplek WA 3 in fig. 20 weergegeven.

Ten slotte nog een enkel woord over de bemonstering van enige percelen waarop in 1947 het gewas een ongelijke stand had vertoond. Op deze percelen waren in de zomer van 1947 plekken bemonsterd waar het gewas een goede stand had en plekken waar het gewas kennelijk zoutschade leed. De uit de verkregen gegevens getrokken conclusie luidde, dat in vele gevallen een verschil in capillaire opstijging gedurende de zomermaanden als de oorzaak moest worden gezien van het verschil in de stand van het gewas. In andere gevallen echter niet, zodat verondersteld werd dat de verschillen in capillaire opstijging reeds tot een einde gekomen waren voor de eerste bemonstering (in Juni) óf dat de ontzilting in de voorafgaande winter op de goede plekken groter was geweest (hoofdstuk II). Dit laatste nu werd minder waarschijnlijk, want gedurende de winter 1947 op 1948 was de neerwaartse waterpassage in vier van de vijf gevallen op de slechte plekken groter dan op de goede. In het laatste geval waren deze cijfers even groot.

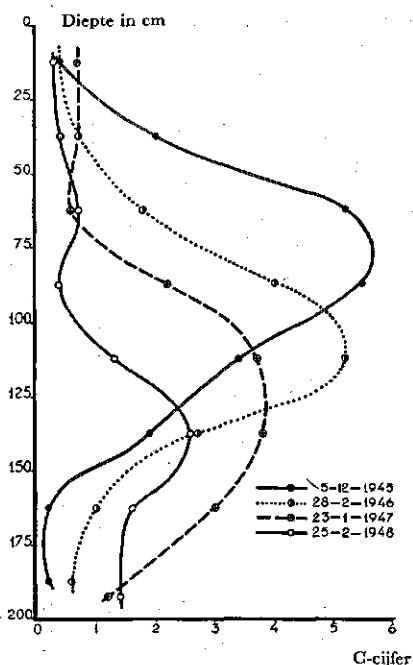


FIG. 20. Standaardplek WA 3, Zuid-beveland, 1945 tot 1948. Verschuiving van de C-cijfers in de loop der jaren.

FIG. 20. Sampling spot WA 3, Zuid-beveland, 1945 till 1948. Different stages of desalinization.

De eindconclusies uit de in de winter 1947 op 1948 verzamelde gegevens kunnen luiden:

1. Van de regenval werd in het algemeen iets meer dan 100 mm in de grond geborgen.
2. De neerwaartse waterpassage bedroeg in de meeste gevallen eveneens ruim 100 mm.
3. In een aantal gevallen belemmerde de sterke daling der C-cijfers in de onderste laag van het bemonsterde profiel de berekening van de neerwaartse waterpassage.

6. WAARNEMINGEN VERRICHT GEDURENDE DE WINTER 1948 OP 1949

In de winter van 1948 op 1949 beperkten de waarnemingen zich tot de ontwateringsproefvelden op Walcheren en een aantal standaardplekken. Van de normale standaardplekken waren er nog 54 over, terwijl bovendien vijf verdampingsproefveldjes werden aangehouden als standaardplek. De gegevens van deze vijf plekken alsmede van enkele andere konden niet worden verwerkt wegens de ongelijkmatigheid van de grond. Van de overige waren er vele met zodanig lage C-cijfers dat de berekeningen betreffende de neerwaartse waterpassage geen grote betrouwbaarheid meer hadden. Gelukkigerwijze bracht de winter weinig regen, anders zouden de berekeningen voor slechts weinig plekken meer mogelijk zijn geweest.

De tijdens de waarnemingsperiode gevallen neerslag staat vermeld in tabel 69.

Korte vorstperioden kwamen voor in de laatste decade van December, de eerste decade van Februari en in de eerste decade van Maart.

TABEL 69. Neerslag in mm te Middelburg gedurende de ontziltingsperiode 1948 op 1949.

Maand Month	Decade			Totaal Total
	I	II	III	
September	8,7	30,3	3,7	42,7
October	8,6	17,7	9,0	35,3
November	27,2	10,8	1,1	39,1
December	19,6	30,7	18,7	69,0
Januari	20,5	5,9	1,7	28,1
Februari	14,1	10,4	7,2	31,7
Maart	9,6	17,5	0,9	28,0
Totaal Total				273,9

TABLE 69. Precipitation in mm at Middelburg during the desalinization period 1948/1949.

a. Ontwateringsproefvelden

Doordat de neerslag zo gering was, leverden deze proefvelden minder interessante gegevens dan in andere winters.

Bovendien deed zich een nieuw probleem voor. Voor de schatting van de gedurende het winterhalfjaar opgetreden verdamping werd gebruik gemaakt van de door de Dienst der Zuiderzeewerken berekende gemiddelde verdamping van een vrij wateroppervlak (Driemaandelijks berichten der Zuiderzeewerken, jaargang XXIX, no 3 en 4). Vond de herfstbemonstering nu erg vroeg plaats dan mocht voor het eerste deel van de waarnemingsperiode de verdamping van de grond niet gelijk worden gesteld aan de verdamping van een vrij wateroppervlak (PENMAN, 1941).

Voor de winter 1946 op 1947 was dit geen bezwaar. In de eerste plaats begonnen de waarnemingen pas in October en voorts stonden dank zij enige extra bemonsteringen nogal wat gegevens ter beschikking over de verdamping in de herfst.

Voor de winter 1947 op 1948 waren de bezwaren al wat groter. De bemonstering van de proefvelden vond eerder plaats, bruikbare eigen waarnemingen waren schaars en de grond was zeer droog na de regenarme zomer van 1947. De cijfers van Zuiderzeewerken zijn zo goed mogelijk gecorrigeerd, maar misschien is de verdamping nog wel te hoog geschat. Nu was dit niet erg hinderlijk omdat de sluitpost van de balans (de bovengrondse afvoer) in het algemeen toch groot was en de opgezette beschouwingen zouden er niet onder lijden indien deze sluitpost nog wat groter werd.

Voor de winter 1948 op 1949 waren de moeilijkheden het grootst. Wederom viel de herfstbemonstering tamelijk vroeg en weer was er weinig steun te vinden in het eigen cijfermateriaal. Bovendien werd er weinig of geen bovengrondse afvoer geconstateerd; de som van geschatte verdamping, waterberging in de grond en neerwaartse waterpassage moest dus vrijwel gelijk zijn aan de neerslag. Bij de hierna volgende beschouwingen zijn steeds de cijfers van Zuiderzeewerken gebruikt. Voor OW 3 zal dit wel ongeveer juist zijn, want op dit proefveld was de grond ten tijde van de eerste bemonstering al bijna op het wintervochtgehalte en bovendien was het proefveld in het begin van de waarnemingsperiode begroeid met klaver, hetgeen de verdamping zal hebben bevorderd. Voor de andere proefvelden zijn de schattingen waarschijnlijk wel enigszins te hoog.

Het proefveld OW 1 werd bemonsterd op 20 September en op 10 Maart. In het

tussengelegen tijdvak viel 215 mm regen, waarvan 55 mm ten goede kwam aan de vochtvoorraad in de grond (alle proefvelden werden weer bemonsterd tot een diepte van 1 m). De neerwaartse waterpassage bedroeg een 35 mm. De verdamping werd geschat op 135 mm.

Zelfs in deze regenarme winter liepen de grondwaterstanden op dit proefveld af en toe nog te hoog op. Slechts eenmaal en toen nog maar gedurende korte tijd stonden er plassen op het land.

De drains voerden nog betrekkelijk veel af, althans één van de drie. Van twee drains bedroeg de totale afvoer (van vóór en achterzijde) nog geen 10 mm, de derde had echter een debiet van ongeveer 20 mm. In veruit de meeste gevallen was het afgevoerde drainwater troebel.

De C-cijfers van het drainwater waren, behoudens een enkele uitzondering, tamelijk constant. Van twee drainmondingen achterop het proefveld was nog niet eerder water opgevangen; het nu afgevoerde water bleek een C-cijfer te hebben van ruim 6. De derde drain achterop mondde zelfs deze winter nog onder water uit. De afvoeren van de voorste drains vertoonden een merkwaardig verschijnsel. Het C-cijfer was in de aanvang lager, in één geval zelfs zeer veel lager dan in het voorjaar van 1948. Bij de twee drainmondingen die gedurende enige tijd bleven afvoeren liep het C-cijfer in de loop van de winter merkbaar op, zelfs tot iets hogere waarden dan waarmee de afvoeren na de winter 1947 op 1948 waren geëindigd.

Op OW 3 viel tussen de bemonsteringsdata (13 September en 8 Maart) 225 mm regen. De hoeveelheid bodemvocht in het profiel steeg met 20 mm en de neerwaartse waterbeweging was een 30 mm. De verdamping werd geschat op 150 mm. Behalve gedurende de maand Januari – toen de grondwaterstanden af en toe stegen tot ± 60 cm beneden maaiveld – lag het phreatisch niveau beneden 80 cm, tot eind December zelfs dieper dan 100 cm. Aan de berekening van de neerwaartse waterpassage kan dus niet veel mankeren. Indien de verdamping juist is geschat, dan moet enige (25 mm) bovengrondse afvoer zijn opgetreden. Dit nu is zeer wel mogelijk. Het perceel was nogal verslemt en na regen bleef het oppervlak zeer lang nat (bij grondwaterstanden op 1 m en meer beneden maaiveld!). Bovendien was de waterpassage op de laagste plekken (voorop) groter dan op het hoger gelegen achterste deel van het proefveld (45 tegen 15 mm).

Drainafvoeren traden niet op; het door de grond gezakte water is dus buiten de drains om afgevoerd.

Op OW 5 viel tijdens de waarnemingsperiode (20 September tot 9 Maart) 215 mm regen. Hiervan diende 75 mm ter aanvulling van het vochtgehalte van het profiel. Neerwaartse waterpassage trad nauwelijks op, zelfs was het proefveld gemiddeld iets zouter geworden. De verdamping werd geschat op 135 mm. Bovengrondse afvoer of zelfs plassen werden nooit waargenomen.

In 11 van de 15 buizen stéeg de grondwaterstand nooit boven 1 m beneden maaiveld. In vier buizen (waarvan drie op één akker!) trad rond 1 Januari een sterke stijging op, gevolgd door een langzame daling. Voor dit afwijkende gedrag kon geen reden worden gevonden. De drainafvoer was te verwaarlozen.

Op OW 7 viel in de periode tussen de bemonsteringen (27 September tot 12 Maart) 215 mm regen, waarvan 100 mm ten goede kwam aan de vochtvoorraad van de grond. De verdamping werd geschat op 125 mm. Ook hier was de neerwaartse waterpassage practisch nul. De grondwaterstanden op dit proefveld waren bijzonder laag. In drie

buizen piekten de waterstanden af en toe ineens omhoog tot ongeveer 60 cm beneden maaiveld. De waterstanden in de overige buizen reageerden slechts zeer weinig op de regenval. Bij een vergelijking met de voorafgaande winter bleek, dat op de plek waar vorig jaar zeer grote schommelingen in de grondwaterstanden werden gemeten, nu de variatie in de grondwaterstand uitermate gering was. Bovengrondse afvoer kwam niet voor – het proefveld was gedurende de gehele winter behoorlijk droog (lucerne-stop-pel) – en afvoer door de drains al evenmin.

Van het proefveld OW 9 werd alleen de voorste helft in observatie gehouden. De bemonsteringen hadden plaats op 13 en 14 September en op 10 Maart. Van de 220 mm neerslag werd 50 mm verbruikt voor verhoging van de vochtvoorraad in de grond en de neerwaartse waterpassage bedroeg ongeveer 30 mm. Er zal ± 150 mm zijn verdampt.

De grondwaterstanden reageerden scherp, maar niet sterk, op de regenval. Ze bereikten tegen het eind van December een hoogte van ongeveer 40 cm beneden maaiveld. Omstreeks 8 Januari begon een langzame maar gestadige daling van het grondwater.

Op 31 December werd een zeer grote drainafvoer gemeten (12 mm). Daarvoor en daarna traden geen drainafvoeren op. Het gedrag van de grondwaterstanden en een dergelijke kortstondige grote afvoer wijzen op een goede doorlatendheid van de grond. Dit betekent dat de neerwaartse waterpassage wel ongeveer juist moet zijn berekend. Bovengrondse afvoer trad nimmer op, de bouwvoor was de gehele winter behoorlijk droog.

De bemonsteringen op OW 10 vonden plaats op 23 September en op 11 Maart. Tussen deze data viel 215 mm regen waarvan 80 mm in de grond werd geborgen. De verdamping werd geschat op 130 mm. Op sommige plekken daalde het zoutgehalte van de grond enigszins, op andere plekken werd een kleine stijging van de B-cijfers geconstateerd. De berekening van de gemiddelde neerwaartse waterpassage werd daardoor onzeker en de gevonden waarde van 5 mm heeft dan ook weinig betekenis.

Voor op het perceel stegen in de eerste dagen van Januari de grondwaterstanden even. De stijging was sterk, doch duurde slechts kort. Achterop bleven de grondwaterstanden tijdens de winter steeds laag. Het perceel was bovenop gedurende de gehele waarnemingsperiode droog, plassen kwamen nooit voor. Slechts één drain voerde een onbetekende hoeveelheid water af.

Uit de gegevens van de gezamenlijke proefvelden valt te concluderen dat, behalve op OW 3, een 50 à 100 mm van de neerslag diende voor verhoging van de vochtvoorraad van de grond. De neerwaartse waterpassage was in de helft der gevallen te verwaarlozen en lag voor de overige proefvelden tussen 30 en 40 mm. Bovengrondse afvoer was op de meeste proefvelden zeer onwaarschijnlijk.

Tabel 70 geeft een overzicht van de met de proefvelden verkregen cijfers. Uit kolom 6 blijkt, dat indien men voor de proefvelden die een dergelijke berekening toelieten (dus niet voor OW 3, die bovengrondse afvoer vertoonde), de verdamping zou berekenen uit neerslag – (waterberging + waterpassage), voor de verdamping waarden zouden worden gevonden die nauwelijks lager liggen dan de schattingen.

Het is denkbaar dat de aldus gevonden cijfers toch nog iets te hoog zouden zijn. In een droge winter als 1948 op 1949 kan enig zout in het profiel zijn binnengedrongen ten gevolge van diffusie. Dan zou de neerwaartse waterpassage wat te klein en dienten-

gevolge de verdamping enigszins te hoog zijn berekend. Van veel belang kan de diffusie echter niet zijn geweest, want het verloop van het C-cijfer met de diepte was onderin het profiel meestal slechts klein.

TABEL 70. Ontwateringsproefvelden, Walcheren, 1948 op 1949. Overzicht van de verkregen resultaten.

No. kolom	1	2	3	4	5	6	7	8
No. proefveld	Waarnemingsperiode	Neerslag in mm	Geschatte verdamping in mm	Waterberging in mm	Waterpassage in mm	2-(3+4+5)	Drainafvoer in mm	5-7
OW 1	20-9-'48 tot 10-3-'49	215	135	55	35	-10	10 à 20	25 à 15
OW 3	13-9-'48 tot 8-3-'49	225	150	20	30	+25	0	30
OW 5	20-9-'48 tot 9-3-'49	215	135	75	0	+5	0	0
OW 7	27-9-'48 tot 12-3-'49	215	125	100	0	-10	0	0
OW 9	14-9-'48 tot 10-3-'49	220	150	50	30	-10	10	20
OW 10	23-9-'48 tot 11-3-'49	215	130	80	5	0	0	5
No. observation field	Period of observation	Precipitation in mm	Evaporation in mm (estimated)	Increase of soil moisture in mm	Downward waterpassage in mm	2-(3+4+5)	Discharge in mm	5-7
No. column	1	2	3	4	5	6	7	8

TABEL 70. Observation fields, Walcheren, 1948/1949. Synopsis of the results obtained.

b. Standaardplekken

Na hetgeen hiervoor over de ontwateringsproefvelden is gezegd, kan de behandeling van de op de standaardplekken verkregen resultaten kort zijn; temeer, omdat de geringe betrouwbaarheid van het cijfermateriaal geen stimulans vormde voor een diepgaande studie.

Voor de meeste plekken bedroeg de neerslag 210 à 240 mm. Slechts voor een aantal plekken op Schouwen-Duiveland was dit cijfer wat hoger (tot 270 mm). De hoeveelheid neerslag die in de grond werd geborgen, varieerde nogal wat, maar bedroeg voor Schouwen-Duiveland (25 plekken) en voor Zuidbeveland (8 plekken) gemiddeld ongeveer 65 mm. Walcheren (13 plekken) kwam hier met een gemiddelde van 90 mm duidelijk bovenuit.

De berekende neerwaartse waterpassage liep sterk uiteen. Een groot deel der cijfers was zo onbetrouwbaar dat uiteindelijk slechts 28 plekken zijn uitgezocht voor nadere verwerking. Van deze plekken vertoonden er 14 een merkbare neerwaartse waterpassage. Deze bedroeg gemiddeld 37 mm. Van vijf plekken was de neerwaartse waterbeweging onbetekenend klein en negen plekken vertoonden – en wel voornamelijk in de laag 60–80 cm – enige verzilting.

In elk geval kan wel worden vastgesteld dat de uitspoeling van zout in de winter 1948 op 1949 in het algemeen gering is geweest.

7. WAARNEMINGEN VERRICHT GEDURENDE DE WINTER 1949 OP 1950

Door de steeds verder voortschrijdende ontzilting geraakten de mogelijkheden voor onderzoek meer en meer beperkt. Zo werden gedurende de winter 1949 op 1950 slechts vier ontwateringsproefvelden geobserveerd en zelfs op deze vier proefvelden daalden de C-cijfers onderin het profiel gedurende de winter meer dan met het oog op de betrouwbaarheid der berekeningen toelaatbaar was. Er werden nog 23 standaardplekken bemonsterd, waarvan er uiteindelijk maar acht werden gebruikt voor het opzetten van berekeningen.

In tegenstelling met de voorafgaande winter was de waarnemingsperiode 1949 op 1950 tamelijk regenrijk. Slechts Januari en Maart waren vrij droog; gedurende de overige maanden was de neerslag groter dan normaal (tabel 71).

Eind Januari bracht nog een vrij hevige vorstperiode.

TABEL 71. Neerslag in mm te Middelburg gedurende de ontziltingsperiode 1949 op 1950.

Maand Month	Decade			Totaal Total
	I	II	III	
October	1,3	13,5	56,3	71,1
November	30,0	24,4	25,3	79,7
December	36,3	19,9	8,8	65,0
Januari	15,5	14,0	8,7	38,2
Februari	40,3	27,4	9,7	77,4
Maart	1,1	4,2	15,4	20,7
Totaal Total				352,1

TABLE 71. Precipitation in mm at Middelburg during the desalinization period 1949/1950.

a. Ontwateringsproefvelden

De waarnemingen op deze proefvelden werden op dezelfde wijze verricht als in de voorafgaande jaren. Ook nu werden de velden bemonsterd tot een diepte van 1 m. De herfstbemonsteringen vonden wat later plaats dan gewoonlijk. Bij de bespreking van de verkregen resultaten is afgeweken van de tot hier toe gebruikelijke volgorde. Dit is geschied teneinde aan de meest begrijpelijke cijfers voorrang te verlenen.

Tijdens de waarnemingsperiode (26/27 September tot 8 Maart) viel op OW 10 280 mm regen. Hiervan kan ongeveer 60 mm zijn verdampt; 65 mm werd gebruikt om de indroging van de grond op te heffen. Bovengrondse afvoer werd niet geconstateerd, zodat de neerwaartse waterpassage ongeveer 155 mm moet zijn geweest. (De bereke-

ning uit de zoutcijfers gaf 165 mm.) De drainafvoer bedroeg ± 110 mm en er moet dus een 45 mm rechtstreeks via de ondergrond, buiten de drains om, zijn afgevoerd. De hiervoor genoemde gegevens vallen in geen enkel opzicht buiten de verwachtingen.

De grondwaterstanden waren, behalve gedurende de tweede week van Februari – en toen nog slechts op enkele plekken – nooit te hoog.

De C-cijfers van het drainwater schommelden enigszins, maar daalden niet gedurende de winter. Voor vier van de zes uitmondingen lagen de eindwaarden tussen 7,5 en 8,5, voor de beide andere tussen 6 en 7.

Dank zij de toevoer van dit zoute water uit de ondergrond naar de drains, waren na de winter de drainsleuven onderin zouter dan de middens van de akkers (tabel 72).

TABEL 72. Ontwateringsproefveld OW 10, Walcheren, 1949 op 1950. C-cijfers in de drainsleuven en op de akkers voor en na de winter.

Datum van bemonstering	26/27-10-'49		8-3-'50	
Plaats van bemonstering	Midden op de akker	In de drainsleuf	Midden op de akker	In de drainsleuf
Laag in cm <i>Layer in cm</i>				
0-10	0,5	0,3	0	0
10-20	0,8	0,6	0	0
20-40	1,1	1,1	0,1	0
40-60	3,0	3,4	0,6	0,4
60-80	5,7	5,6	1,4	4,5
80-100	7,8	7,3	1,9	6,0
<i>Place of sampling</i>	<i>Midway between the drains</i>	<i>Above and under tile drain</i>	<i>Midway between the drains</i>	<i>Above and under tile drain</i>
<i>Date of sampling</i>	26/27-10-'49		8-3-'50	

TABLE 72. Observation field OW 10, Walcheren, 1949/1950. C-figures above and under the drains and midway between the drains.

De bemonsteringen op OW 5 vonden plaats op 24 en 25 October en op 9 Maart. In tegenstelling met de voorafgaande jaren werden op dit proefveld nu alle raaien bemonsterd (in totaal 15 plekken). In de tussengelegen periode viel 285 mm regen, waarvan 75 mm ten goede kwam aan de vochtvoorraad van de grond. Voorts kan circa 65 mm zijn verdampt. Voor neerwaartse waterpassage + bovengrondse afvoer resteert dus nog 145 mm. Hiervan kan een deel inderdaad bovengronds zijn afgevoerd, want na de vorstperiode stonden gedurende enige tijd grote plassen op het perceel, de waterpassage is dus waarschijnlijk kleiner geweest dan 145 mm. De uit de zoutcijfers berekende waterpassage was 80 mm. Eventuele juistheid van dit cijfer zou – bij een drainafvoer van 40 mm – impliceren, dat de ondergrondse afvoer eveneens ± 40 mm is geweest. Dit is een aannemelijke grootte, maar de bijbehorende waarde voor de bovengrondse afvoer (65 mm) ligt boven de verwachtingen. De werkelijke neerwaartse waterpassage zal wel ergens tussen deze 145 mm en 80 mm inliggen.

De grondwaterstanden waren gedurende de gehele winter vrij laag. Slechts na de vorst stegen, evenals op de andere proefvelden, de grondwaterstanden veel en snel, zij het nergens zo snel als na de laatste vorstperiode van de winter 1946 op 1947.

Voor de ene drain steeg het C-cijfer van het drainwater vrij snel van $\pm 0,2$ tot ongeveer 7,5, voor de andere drain duurde het tot in Februari voor een hoge waarde (± 6

bij lage afvoeren) werd bereikt. Tussen het C-cijfer van het drainwater en de grootte van de afvoer was vrijwel geen verband.

Voor OW 10 was het geen bezwaar dat de berekening van de waterpassage uit de zoutcijfers niet toelaatbaar was. Er trad geen bovengrondse afvoer op, zodat de waterpassage kon worden berekend uit regenval verminderd met de som van verdamping plus waterberging. Voor OW 5 was het opzetten van beschouwingen over de waterhuishouding al moeilijker omdat er enige bovengrondse afvoer kon worden verwacht. Voor OW 1 en OW 3 waren de moeilijkheden nog groter omdat ongetwijfeld een flinke bovengrondse afvoer was opgetreden.

Op OW 1 (bemonsterd op 26 October 1949 en op 7 Maart 1950) viel 280 mm neerslag. Bij een geschatte verdamping van 60 mm en een waterberging van 40 mm bleef dus voor neerwaartse waterpassage + bovengrondse afvoer ongeveer 180 mm over. De drainafvoer bedroeg ± 40 mm. Indien de ondergrondse afvoer buiten de drains om werd gesteld op 45 mm (meer kan het, gezien de waarnemingen van vorige jaren, beshlist niet zijn geweest) dan moet de neerwaartse waterpassage 85 mm hebben bedragen. Dit getal geeft dan voor de bovengrondse afvoer $180 - 85 = 95$ mm. Nu was de structuur van dit proefveld slecht en plassen traden veelvuldig op, maar afgaande op de ervaringen uit de winter 1946 op 1947 was deze 95 mm toch wel onverwacht hoog.

De C-cijfers van het drainwater waren laag, maar liepen tegen het eind van de winter enigszins op (tot 3 à 4,5 voor de verschillende drains).

De grondwaterstanden waren gedurende het grootste deel van de waarnemingsperiode tamelijk hoog en van begin tot eind Februari lag het phreatisch vlak zelfs maar weinig beneden maaiveld.

De waarnemingsperiode voor OW 3 (27 October tot 9 Maart) was vrijwel gelijk aan die voor OW 1. Bij een regenval van 275 mm, een geschatte verdamping van 60 mm en een waterberging van 40 mm blijft voor neerwaartse waterpassage + bovengrondse afvoer 175 mm beschikbaar. De drainafvoer bedroeg 25 mm en de ondergrondse afvoer buiten de drains om kan niet hoger zijn geweest dan 40 mm. De totale waterpassage moet dus ± 65 mm hebben bedragen. Dit betekent dat 110 mm bovengronds moet zijn afgevoerd. Nu was het proefveld gedurende de gehele winter nat en verslemt en plasvorming was niet zeldzaam, maar desondanks is deze 110 mm een onbegrijpelijk grote waarde.

De grondwaterstanden waren hoog maar, afgezien van enkele toppen, eigenlijk alleen in de tweede week van Februari te hoog. In eenzelfde akker was het gedrag der grondwaterstanden in de beide buizen opvallend gelijkvormig, maar de schommelingen in de noordelijke akker waren wat groter dan in de zuidelijke.

De C-cijfers van het drainwater waren zeer constant en schommelden om een waarde van 4,5. Invloed van de grootte van de afvoer op het C-cijfer was niet te bespeuren, evenmin als een daling van laatstgenoemd cijfer gedurende de winter.

De voorafgaande beschouwingen leerden dat de gegevens van OW 10 geheel aan de verwachtingen voldeden. Voor OW 5 en OW 1 was dit in veel mindere mate het geval. Het is denkbaar dat bij betrouwbaardere regen- en drainafvoermetingen en bij een betere kennis van de ondergrondse afvoer, de cijfers voor de bovengrondse afvoer wat kleiner waren uitgevallen. De neerslag viel in deze winter ten dele in vrij zware buien, waarvan de intensiteit niet overal op Walcheren even groot was; voorts daalden en

stegen de drainafvoeren ook wat sneller dan in vorige winters. Ten slotte was, althans voor OW 1, de slootwaterstand aanmerkelijk lager dan vroeger tijdens regenrijke periodes het geval was, zodat de ondergrondse afvoer buiten de drains om mogelijk ook wat groter was dan normaal. (Deze afvoer was trouwens al hoog getaxeerd.)

Maar zelfs indien al deze factoren de gevonden resultaten in gunstige zin zouden beïnvloeden, dan nog blijven de gegevens van OW 3 onaannemelijk.

Tabel 73 geeft ten slotte een overzicht van de verkregen cijfers. Bij deze tabel dient te worden vermeld dat de cijfers meer op redenering en minder op waarnemingen berusten dan bij overeenkomstige eerder vermelde tabellen het geval was.

TABEL 73. Ontwateringsproefvelden, Walcheren, 1949 op 1950. Overzicht van de verkregen resultaten.

No. kolom	1	2	3	4	5	6	7	8
No. proefveld	Waarnemingsperiode	Neerslag in mm	Geschatte verdamping in mm	Waterberging in mm	Waterpassage in mm	2-(3+4+5)	Drainafvoer in mm	5-7
OW 1	26-10-'49 tot 7-3-'50	280	60	40	85?	95?	40	45
OW 3	27-10-'49 tot 9-3-'50	275	60	40	65?	110?	25	40
OW 5	24/25-10-'49 tot 9/10-3-'50	285	65	75	80?	65?	40	40
OW 10	26/27-10-'49 tot 8-3-'50	280	60	65	155	0	110	45
No. observation field	Period of observation	Precipitation in mm	Evaporation in mm (estimated)	Increase of soil moisture in mm	Downward waterpassage in mm	2-(3+4+5)	Discharge in mm	5-7
No. column	1	2	3	4	5	6	7	8

TABLE 73. Observation fields, Walcheren, 1949/1950. Synopsis of the results obtained.

b. Standaardplekken

Van de 23 standaardplekken valt heel weinig te vermelden. De samenstelling van de groep was zeer eenzijdig. Er waren slechts twee jonge polders in vertegenwoordigd en dan nog ieder met een kwelplek. De overige 21 plekken lagen verspreid over Walcheren, over oude polders op Zuidbeveland en op Schouwen-Duiveland.

De weinige plekken die betrouwbare cijfers leverden gaven een toeneming van het vochtgehalte te zien van ruim 75 mm, terwijl voor de neerwaartse waterpassage een waarde van 120 mm werd gevonden. Cijfers die redelijk wel overeenstemden met die van de ontwateringsproefvelden.

IV. BESCHOUWINGEN OVER DE VERKREGEN RESULTATEN

1. INLEIDING

In de vorige hoofdstukken is, aan de hand van een uitgebreid cijfermateriaal, de ontwikkelingsgang van het onderzoek weergegeven. Door de indeling van de gegevens volgens het jaar van waarneming konden de conclusies worden opgebouwd in een vrijwel chronologische volgorde. De omvang van de beschikbare cijfers maakte wel een splitsing noodzakelijk in zomerwaarnemingen (hoofdstuk II) en winterwaarnemingen (hoofdstuk III).

Door de zojuist genoemde wijze van beschrijven kwam de groei van een aantal opvattingen goed tot zijn recht, hetgeen vaak een steun betekende voor de aanvaardbaarheid van de conclusies. Anderzijds vroeg de chronologische opbouw van het betoog tamelijk veel ruimte, hetgeen aan de overzichtelijkheid van de gevolgtrekkingen niet ten goede kwam.

In de hierna volgende paragrafen zullen de verkregen resultaten dan ook in een meer organische samenhang worden behandeld. De scheiding tussen zomer- en winterwaarnemingen is eveneens opgeheven, omdat het gewenst is van verschillende grootheden de jaarlijkse gang in zijn geheel te overzien.

Na een korte inleiding over de betrouwbaarheid der conclusies volgt eerst een paragraaf over de veranderingen die in de loop van het jaar optreden in de zoutcijfers van gronden die met zeewater overstroomd zijn geweest. Deze paragraaf is voorop geplaatst omdat juist de wijzigingen in de zoutcijfers van direct belang zijn voor de landbouw op de zoute gronden en omdat vele van de later volgende beschouwingen over de vochtuishouding van de grond zijn gebaseerd op de geconstateerde veranderingen in het zoutgehalte van de grond.

Vervolgens is een paragraaf gewijd aan de jaarlijkse gang van het vochtgehalte van de grond. Hierop volgt een verhandeling over de beweging van het water in de bovengrond en een bespreking van de waterbeweging in de ondergrond.

De conclusies uit de voorafgaande paragrafen vormen het basismateriaal voor een beschouwing over de verdamping.

Tenslotte volgt dan nog een kleine bespiegeling over de waarde die het onderzoek in zoute gronden kan hebben voor de kennis van de vochtuishouding van normale gronden.

2. DE BETROUWBAARHEID DER CONCLUSIES

In hoofdstuk I is aangetoond dat te velde de A-cijfers maar vooral de B-cijfers en de C-cijfers op korte afstand vaak grote verschillen te zien gaven. Deze variabiliteit (voor de vochtcijfers zie men ook UHLIG, 1950) had tot gevolg dat het soms uiterst moeilijk was om representatieve grondmonsters te verkrijgen (hoewel elk monster werd samengesteld uit 16 boringen) en bovendien dat de monsters, ondanks zorgvuldige menging, niet geheel homogeen waren.

Teneinde de op de verkregen cijfers berustende beschouwingen een enigszins kwantitatief karakter te geven, zijn verschillende methoden toegepast. In de eerste plaats werden van sommige objecten twee of meer monsters genomen. Voorts werden bepaalde bemonsteringen op een groot aantal plekken tegelijk uitgevoerd. Tenslotte werden vele terreinen gedurende een reeks van jaren en vaak met betrekkelijk korte tussenpozen steeds weer opnieuw bemonsterd.

Bij de verwerking der cijfers is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van gemiddelde waarden. Anderzijds werd ook wel, indien series gelijkwaardige bemonsteringen eenzelfde tendens vertoonden, één reeks bemonsteringen als voorbeeld genomen. Het zal duidelijk zijn dat in het laatste geval de strekking van het, op de uitgekozen cijfers gebaseerde, betoog van meer belang is dan de betrouwbaarheid van de in concreto vermelde gegevens.

3. VERANDERINGEN IN DE ZOUTCIJFERS IN DE LOOP VAN HET JAAR

Na inundaties met zeewater die langer dan een half jaar hadden geduurd, was de grond tot minstens 60 à 80 cm en vaak tot grotere diepte volledig verzilt. Indien de omstandigheden daartoe hadden meegewerkt (goed doorlatende grond, die met elke vloed onder water kwam en waarvan de drains bij eb konden spuien) kon de grond tot meer dan 2 m diepte volledig zijn verzilt. Beneden de zone waar totale verzilting was opgetreden, nam de invloed van de overstroming af, maar in de meeste gevallen was er toch wel zout tot 1,50 m in de grond gedrongen. In deze diepere lagen was niet alleen de mate maar ook de gelijkmatigheid van de verzilting geringer dan bovenin de grond (tabel 13).

In de gronden, die slechts kort onder zeewater hebben gestaan, zal het zout in het algemeen wel minder diep zijn doorgedrongen dan in de gronden, die gedurende lange tijd werden geïnundeerd. Doordat deze kortdurende inundaties plaatsvonden in de herfst van 1944 en het onderzoek eerst in Juni 1945 op gang kwam, kon de hiervoor gedane uitspraak niet overtuigend worden bewezen. De opvatting wordt echter gesteund door de gegevens van HISSINK (1907) en door eigen waarnemingen na de overstromingen van 1 Februari 1953.

In de eerstvolgende winter na het droogvallen begon de sterke daling der C-cijfers in de bovengrond. In het algemeen is wel gebleken dat voor behoorlijk ontwaterde en niet te snel verslompende gronden, na één normale winter de C-cijfers in de laag 5–20 cm zover waren gedaald, dat inzaai met niet al te zoutgevoelige gewassen verantwoord was (fig. 17). Dit gold dan voor gebieden die met zeewater overstroomd waren geweest. Voor zover de inundaties met brak water plaatsvonden, lag de situatie nog gunstiger.

Deze snelle daling van de C-cijfers in de laag 5–20 cm was ook bij vorige inundaties reeds gevonden [SMEDING (1921); *Rapport inzake het onderzoek en de ervaringen in den Kruiningen-, Nieuw Olzende- en Sint Pieterspolder na de inundaties in 1939 en 1940*, (1945)].

In gunstige gevallen is, na een inundatie met zeewater, een 150 à 200 mm neerslag reeds voldoende om het C-cijfer in de meergenoemde laag beneden 6, vaak zelfs beneden 3, te doen dalen. Dit betekent dat ook gronden die laat in de herfst droogvallen, in een natte winter nog voldoende kunnen ontzilten. De vrees dat in dergelijke gevallen, door het ontbreken van een aan de ontziltingsperiode voorafgaande indroging, de doorlatendheid van de grond zou hebben geleden (*Voordrachten over zoute gronden*, 1946), bleek ongegrond. Integendeel, bij een in de herfst droogvallen van de grond is ook een verzilten van de toplagen door capillaire aanvoer van zout water uit de dieper gelegen lagen niet mogelijk, hetgeen als een voordeel moet worden gezien. Bovendien is het waarschijnlijk dat het ontzilteffect van passerend water in natte grond groter is dan in droge.

Deze verzilting van de toplagen treedt wel op, als de grond in het voorjaar of in

de zomer droog valt. Zij is een eerste – zij het niet de belangrijkste – factor, die een voldoende ver gaande daling van de C-cijfers in deze lagen belemmert. Deze verzilting kan – althans voor onbegroeide gronden – worden tegengegaan (hoofdstuk II, tabel 22) door een herhaalde oppervlakkige bewerking van de grond, maar het is de vraag of het middel niet erger is dan de kwaal, omdat bewerking het optreden van de verslemping van de grond bevordert en deze verslemping de ontzilting ernstig vertraagt.

Er zij erkend dat dit punt niet voldoende is onderzocht en dat een observatie van SMEDING (1921) pleit voor bewerking, maar gezien de ervaring dat op Schouwen-Duiveland percelen die in de zomer van 1945 waren bewerkt, in de daarop volgende winter meestal snel verslempden, zou schrijver dezes in het algemeen zeker niet durven adviseren om de verzilting van de bovengrond te remmen door het toepassen van een oppervlakkige grondbewerking. In bijzondere gevallen, als voor verslemping niet behoeft te worden gevreesd (hetgeen bij een tijdige toediening van gips het geval is) of als een zeer sterke verzilting van de top laag te verwachten is, verdient het oppervlakkig loshouden van de grond echter ernstige overweging. Bovendien kan een in de zomer uitgevoerde oppervlakkige grondbewerking de indroging van de grond enigszins tegengaan, waardoor een groter deel van de winterregens beschikbaar komt voor de uitspoeling van zout. Het verschil is echter meestal niet groot; het bedroeg bij proeven van DÉHÉRAIN (1897) 17 mm.

Met deze verslemping is de tweede – en wel een belangrijke – factor genoemd, die de ontzilting belemmert. Gelukkig behoort de bestrijding van dit kwaad niet tot de onmogelijkheden. De verslemping trad meestal pas op tegen het einde van de eerste ontziltingswinter en op een moment dat de C-cijfers in de laag 0–5 cm meestal tot 4 of lager waren gedaald. Indien vóór de tweede winter gips kon worden gestrooid en de grond niet teveel door bewerking had geleden, was ook in de tweede en volgende winters de verslemping alsmede de daarmee gepaard gaande bovengrondse afvoer wel binnen redelijke perken te houden. Voormalige graslanden vertoonden nimmer enig structuurverval. Toch was juist in deze graslanden de daling der C-cijfers in de bouwvoor vaak onvoldoende. De oorzaak hiervan was gelegen in de profielopbouw.

Ook de profielopbouw kan namelijk een vlotte ontzilting storen. Indien in de grond op geringe diepte slecht doorlatende lagen voorkomen – en dit was in vele Zeeuwse graslanden het geval – dan moet de in de grond gedrongen neerslag grotendeels binnen profiel diepte in zijwaartse richting naar sloten of drains worden afgevoerd, hetgeen de daling der C-cijfers vertraagt. Dit geval moet zich in Zeeland plaatselijk hebben voorgedaan.

In de Wieringermeer (ZUUR, 1938) ontziltten de kleigronden merkbaar langzamer dan de zandgronden. Dit moet voor een belangrijk gedeelte worden toegeschreven aan het feit, dat de kleigronden een veel hoger A-cijfer hadden dan de zandgronden, waarmee een veel hoger B-cijfer gepaard ging; er moest dus op de kleigronden meer zout worden uitgelooft.

Voor oudere gronden heeft de lijn die het verband aangeeft tussen het normale wintervochtgehalte en het lutumgehalte van de grond een minder steil verloop. De hoeveelheid vocht en dus ook zout die per gram lutum in de grond aanwezig is, is geringer dan in jong zeeslik. Zo was ook in Zeeland het verschil in vochtgehalte tussen klei- en zandgronden normaliter niet zodanig, dat hiervan een invloed op de daling der C-cijfers was te bespeuren. In het algemeen daalden de C-cijfers van gronden met zeer hoge A-cijfers (humeuze of venige gronden) wel langzaam, maar in dergelijke gronden waren veelal enige factoren tezamen verantwoordelijk voor de trage daling der C-

wezigheid van een drainage op de snelheid van de ontzilting te hebben geconstateerd. ZUUR (1938) geeft voorbeelden dat een goede of een slechte ontwatering (respectievelijk nauwe en wijde begreppeling) voor de ontzilting geen verschil maakte, zolang de grondwaterstanden niet boven maaiveld stegen en het regenwater daardoor ten dele nutteloos over de oppervlakte af moest vloeien. Deze conclusie van ZUUR werd door het onderzoek in Zeeland bevestigd. Dit was te verwachten: De hoogte van de grondwaterstand op zichzelf is van weinig belang, zolang het phreatisch vlak in de winter maar beneden maaiveld blijft, want afgezien van de waterbeweging in en in de naaste omgeving van de drainsleuven, maakt het in de grond boven draindiepte voor de richting van de stroombanen weinig verschil of de grond al dan niet is gedraineerd.

Beneden de diepte waartoe in veruit de meeste gevallen werd bemonsterd (80 à 100 cm) was – gelijk reeds eerder vermeld – de grond kort na de inundatie veelal minder verzilt dan in de daarboven gelegen lagen. Ten gevolge van de neerwaartse verplaatsing van het zout onder invloed van de winterregens werd, althans in gronden die tot een flinke diepte doorlatend waren, die diepere ondergrond gewoonlijk eerst zouter, waarna – vaak pas na enige winters – ook hier de definitieve daling der C-cijfers intrad (fig. 20).

Tenslotte moet nog worden opgemerkt dat niet alleen de verzilting gedurende de zomermaanden maar ook de ontzilting gedurende de wintermaanden tamelijk ongelijkmatig was. Ten dele waren dit verschillen op zeer korte afstand ten gevolge van de aanwezigheid van scheuren (tabel 20) of kleine hoogteverschillen in het maaiveld (tabel 16, tabel 18, fig. 3), ten dele ook variaties die zich over grotere oppervlakten uitstrekten. Soms konden de oorzaken van laatstgenoemde variaties worden aangetoond (verschillen in verslemping; verschillen in de geaardheid van de grond) maar in vele gevallen ook niet. Doch hoe het ook zij, in elk geval kwamen variaties in zoutgehalte veelvuldig voor, zoals bleek uit de onregelmatige stand der gewassen op niet al te ver ontzilte grond. Deze onregelmatige stand is zeer kenmerkend voor zoute gronden en b.v. ook te zien op illustraties van het artikel van REEVE, ALLISON en PETERSON (1948).

Gedurende een zeer droge winter of in geval van een sterke bovengrondse afvoer kon het effect van de winterregens op het zoutgehalte van de grond zeer gering zijn, maar, afgezien van mogelijke kleine storingen door diffusie, was de beweging van het zout in de wintermaanden toch in alle gevallen een neerwaartse.

Gedurende de zomer waren de veranderingen in het zoutgehalte van de grond gecompliceerder. Wel verziltte de bovengrond vrijwel altijd enigermate, waarover weldra meer, maar in de ondergrond kon het zoutgehalte gedurende de zomer zowel stijgen als dalen. Hierop wordt bij de bespreking van de waterbeweging in de grond uitvoerig ingegaan, maar enkele opmerkingen met betrekking tot het zoutregime van de grond in de zomer zijn hier toch op hun plaats. In onbegroeide gronden – die slechts weinig indroogden – daalden beneden 20 à 40 cm de B-cijfers (en meestal zelfs de C-cijfers) ook in de zomer. In natte zomers gold voor begroeide gronden soms hetzelfde, althans ten aanzien van de B-cijfers. Meestal echter en zeker in normale en droge zomers en ook bij enige capillaire opstijging stegen de B-cijfers en vooral ook de C-cijfers (tabel 26).

Van veel belang voor de praktijk van de landbouw was de vraag: Hoeveel stijgen de C-cijfers van de bovenste grondlagen gedurende de zomermaanden? Nu zijn juist deze cijfers aan vrij sterke veranderingen onderhevig, zodat een antwoord op de gestelde vraag moeilijk is te geven. Het probleem is echter wel van zoveel belang – men wil gaarne weten welke waarde men in de zomer nog kan toekennen aan in het voorjaar

bepaalde C-cijfers – dat in deze paragraaf zal worden getracht om tot enige uitspraken te komen.

Veranderingen in het C-cijfer van de bovenste lagen van de grond zijn vrijwel steeds zowel een gevolg van veranderingen in het A-cijfer als ook van wijzigingen in het B-cijfer (tabel 32). Ten aanzien van de veranderingen in het A-cijfer zijn wel conclusies te trekken. De schommelingen in de A-cijfers van de bouwvoorlagen worden namelijk in de zomermaanden in hoofdzaak beheerst door de weersomstandigheden en door het al of niet aanwezig zijn van een begroeiing, hoewel ook de aard van de grond niet geheel zonder belang is.

Het vraagstuk van de schommelingen in de B-cijfers van de toplagen is onoverzichtelijker. Op deze B-cijfers hebben de weersomstandigheden eveneens invloed. Zo kan zware regenval ook in de zomer ontzilteling ten gevolge hebben, hoewel in de toplagen de zomerregens slechts matig ontziltend werkten. Voorts kan het effect van de weersomstandigheden op de hoogte van de grondwaterstand en op de mate en het tempo van indrogen van de grond, het capillair transport van zout water uit de ondergrond naar de bouwvoor beïnvloeden. Met deze capillaire aanvoer is dan tevens de hoofdoorzaak genoemd van wijzigingen in de B-cijfers en daarmee in de C-cijfers van de bovenste grondlagen.

Van het capillaire transport is niet alleen de grootte van belang, maar ook de verhouding tussen het C-cijfer van het aangevoerde water en het C-cijfer van het in het voorjaar in de bouwvoor aanwezige bodemvocht. In zeer ver ontzilde gronden en in gronden waar de ontzilteling nog maar nauwelijks is begonnen, nadert deze verhouding tot één. Bij matig ontzilde gronden daarentegen kan het C-cijfer vrij snel met de diepte toenemen (men zie hiervoor hoofdstuk III, fig. 11), waardoor het effect van een eventuele capillaire aanvoer op het C-cijfer van de bouwvoor direct veel groter wordt.

De grote moeilijkheid is nu dat deze capillaire aanvoer voor verschillende gronden zo sterk uiteenlopende waarden vertoont. De verschillen zijn zo groot en zo onvoorspelbaar, dat onderstaande beschouwingen slechts betrekking hebben op gronden met een – berekend voor een profiel tot 80 cm – „normale”, dat wil zeggen kleine en voornamelijk tot het voorjaar beperkte, capillaire opstijging. Maar dit houdt in, dat de hieronder vermelde feiten uitsluitend gelden voor diep ontwaterde gronden, zodat b.v. een groot deel van de polder Schouwen, delen van de oude polders op Tholen en een deel der poelgronden op Walcheren buiten beschouwing blijven. Ten aanzien van de zojuist genoemde gebieden moet een prognose over de na de voorjaarsbemonstering te verwachten stijging van de C-cijfers in de toplagen van de grond vrijwel onmogelijk worden geacht. In vele gevallen zal deze stijging overigens groot zijn.

Achtereenvolgens zullen hieronder worden besproken: de gegevens van begroeide grond, zowel van een extreem droog als van een meer normaal jaar en daarna de gegevens van onbegroeide grond, eveneens met betrekking tot een zeer droog en een meer normaal jaar. Beschouwd zijn de lagen 0–10 cm en 10–20 cm. Omdat het gewas in de bovenste centimeters kiemt, ware een bestudering van de laag 0–5 cm nog gunstiger geweest. 0–5 cm bemonsteringen zijn echter niet in voldoende mate verricht. In het algemeen zal in de zomermaanden het C-cijfer in de laag 0–10 cm naar het oppervlak van de grond toe sterk stijgen. Zo vertoonde de standaardplek AK 1 op 3 Juli 1945 in de laag 0–10 cm een C-cijfer 52,5. Bij vrijwel gelijk A-cijfer bedroeg het C-cijfer in de laag 0–2 mm 368,0!

In de droge zomer van 1947 daalde onder een zeer matig gewas gerst met ondervrucht

lucerne (Oost-Bevelandpolder) in de laag 0-10 cm het A-cijfer tot 35 à 20 % van de voorjaarswaarde. Dit hield in dat alleen al door deze indroging het C-cijfer tot 3 à 5 maal de oorspronkelijke waarde steeg. Bovendien waren de B-cijfers 2 à 3,5 maal zo hoog geworden. Als resultaat van deze beide invloeden was het C-cijfer omstreeks 1 September ongeveer het tienvoudige van het rond 1 April bepaalde cijfer.

Hierbij is de plek OB 10 buiten beschouwing gelaten omdat op deze laaggelegen plek, ten gevolge van de sterke capillaire opstijging, het C-cijfer tot 20 maal de uitgangswaarde steeg. Ook de lichte hooggelegen plek OB 3 vertoonde een iets sterkere stijging van het C-cijfer, veroorzaakt door het, procentueel berekend, hoge vochtverlies. De grote snelheid waarmee op deze plek de indroging voortschreed was overigens nog opvallender dan de mate van indroging.

De proefvelden op Walcheren die in 1947 wintertarwe droegen, werden voor het laatst bemonsterd tegen het einde van Juli. Sinds einde Juni waren de A-cijfers iets gestegen ten gevolge van een dag met zeer veel neerslag kort voor de Julibemonstering. In het laatst van Juni waren de C-cijfers tot 4 à 5 maal de oorspronkelijke waarde opgelopen, een stijging volledig overeenkomend met de omstreeks die tijd in de Oost-Bevelandpolder gevondene. Door de late voorjaarsbemonstering waren de gegevens van de verdampingsproefvelden met gerst minder goed bruikbaar. De gegevens wekten de indruk, dat de stijging der C-cijfers op deze proefvelden iets geringer was geweest. Er mag aan worden herinnerd dat de gerst op de betreffende proefvelden zeer slecht was.

In de laag van 10-20 cm was de toestand gunstiger. Weliswaar was de indroging niet veel kleiner dan die van de toplaag, maar de B-cijfers stegen weinig, zodat omstreeks eind Juli de C-cijfers 2,5 tot 4 maal zo hoog waren als in April. (In deze laag was van enige invloed van de Juliregen niets te bespeuren.) Tegen 1 September was de stijging nog iets groter geworden. De geringere stijging van de B-cijfers in deze laag, vergeleken met de laag 0-10 cm, wees er op dat de laag 10-20 cm meer als doorvoertraject dan als eindpunt voor het capillair transport heeft gediend. Bovendien was voor de laag 10-20 cm de verhouding van het C-cijfer van het aangevoerde water tot het C-cijfer van de oorspronkelijk aanwezige bodemvloeistof in het algemeen gunstiger dan voor de toplaag.

In een veel minder droog jaar, zoals 1948, was in de Oost-Bevelandpolder de stijging van de C-cijfers veel geringer, hetgeen grotendeels werd veroorzaakt door de veel kleinere indroging. Jammer genoeg waren zowel de C-cijfers van 1948, alsook die uit de jaren 1945 en 1946 erg laag, hetgeen de betrouwbaarheid der conclusies enigszins afbreuk deed, maar het leek veilig te concluderen, dat zowel in de laag 0-10 cm als in de laag 10-20 cm, de C-cijfers tot ongeveer Juli hoogstens verdrievoudigd werden. Deze toestand bleef tot September vrijwel ongewijzigd en werd op percelen met een vroeg-geogst gewas, althans voor de laag 0-10 cm, soms zelfs iets gunstiger. Ook in 1948 viel de lichte plek OB 3 op door het naar verhouding hoge vochtverlies.

Voor onbegroeide gronden liepen in 1947 tussen begin April en begin Juli de C-cijfers in de laag 0-10 cm op tot 2,5 à 3,5 maal de uitgangswaarde, welke stijging in ongeveer gelijke mate werd veroorzaakt door de daling der A-cijfers en de stijging der B-cijfers. Voor de tweede laag was zowel de indroging alsook de zoutaanvoer nog weer wat geringer, zodat uiteindelijk de C-cijfers daarin tot niet meer dan 1,5 à 2,5 maal de oorspronkelijke waarde stegen. Een herhaaldelijk uitgevoerde oppervlakkige grondbewerking maakte voor beide lagen de toestand nog iets gunstiger.

De schaarse cijfers van latere bemonsteringen deden vermoeden dat in Juli het eindpunt van de stijgingen wel bijna was bereikt.

De hiervoor vermelde cijfers zijn – aangevuld met nog enige gegevens – verwerkt in tabel 76.

TABEL 76. Verhouding tussen de C-cijfers van de bouwvoor gedurende de zomermaanden en onder verschillende omstandigheden. De C-cijfers op ± 1 April zijn op 100 gesteld.

Aard van het jaar	Droog				Normaal	
Toestand v/h perceel	Begroeid		Onbegroeid		Begroeid	
Laag in cm	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
Datum: <i>Date:</i>						
±1 April	100	100	100	100	100	100
±1 Juli	400 à 500	250 à 400	250 à 300	150 à 250	<300	<300
±1 September	1000 à 1400	300 à 500			<300	<300
<i>Layer in cm</i>	<i>0-10</i>	<i>10-20</i>	<i>0-10</i>	<i>10-20</i>	<i>0-10</i>	<i>10-20</i>
<i>Kind of plot</i>	<i>Cropped</i>		<i>Bare</i>		<i>Cropped</i>	
<i>Kind of year</i>	<i>Dry</i>				<i>Normal</i>	

TABLE 76. *Relative changes in C-figures of the ploughed layer during summer under varying circumstances. The C-figures of April are placed at 100.*

Hoewel tabel 76 aangeeft dat de stijging der C-cijfers voor onbegroeide gronden kleiner is dan voor begroeide, behoeft dit niet altijd zo te zijn. Zowel CHANDNANI (1947) alsook SHAVRIGIN (1951) bevelen een begroeiing aan om de verzilting van zoute gronden tegen te gaan. Indien de capillaire opstijging bij de verzilting een belangrijke rol speelt is het inderdaad heel wel denkbaar, dat door de sterkere indroging van de grond onder invloed van de begroeiing, het capillair transport en dus ook de verzilting van de toplagen merkbaar wordt geremd. In Holland is een dergelijk effect echter nog nimmer geconstateerd.

Over het verloop van de C-cijfers van onbegroeide grond in een meer normale zomer kan weinig worden gezegd, vooral ten aanzien van de toplaat. Enerzijds kan de indroging snel verlopen, zodat na enkele weken droog weer een aanzienlijke stijging van de C-cijfers kan optreden, anderzijds wordt het vochtdeficit na een flinke regenperiode ook weer grotendeels aangevuld en kan zelfs ontzilting optreden. Een verdrievoudiging van de C-cijfers in de laag 0-10 cm en een verdubbeling van de C-cijfers in de laag 10-20 cm mogen al tot de zeldzaamheden worden gerekend. Een oppervlakkige grondbewerking remt – door het gunstige effect op de B-cijfers – de stijging der C-cijfers nog aanmerkelijk (tabel 22).

Tenslotte moet worden opgemerkt, dat weliswaar voor de hierboven genoemde cijfers gunstige plekken (zonder sterke capillaire opstijging) zijn uitgezocht, maar dat de vermelde stijgingen dan ook als maxima mogen worden beschouwd, zolang het niet om zeer zandige gronden gaat.

4. DE JAARLIJKSE GANG VAN HET VOCHTGEHALTE

De jaarlijkse schommeling die, onder Nederlandse omstandigheden, in het vochtgehalte van de grond optreedt, is, zowel naar tijd als ook naar plaats gerekend, zeer

variabel. Naar tijd, omdat òn de maximale vochtvoorraad van de grond òn het dieptepunt in de vochtcijfers jaar voor jaar op andere tijdstippen worden bereikt. Naar plaats, omdat b.v. het ene bodemtype onder overigens gelijke omstandigheden verder indroogt dan het andere.

De amplitude van de schommeling wordt in hoge mate beïnvloed door het al of niet begroeid zijn van de grond. Daarom is in de hierna volgende beschouwingen een splitsing gemaakt tussen begroeide en onbegroeide gronden.

a. Onbegroeide gronden

Met betrekking tot de veranderingen in het vochtgehalte van onbegroeide gronden in de loop van het jaar verdienen enkele feiten vermelding.

In de eerste plaats is de indroging (hiermede is bedoeld het totale vochtverlies, dus met inbegrip van b.v. eventuele uitzakking van vocht) onder alle omstandigheden gering. In de tweede plaats vertoont deze indroging een duidelijk asymptotisch verloop. In de derde plaats vermindert een herhaaldelijk toegepaste oppervlakkige bewerking de toch al geringe indroging nog verder. Voorts kan in sommige gevallen de indroging enigszins ongelijkmatig zijn. Voor vrijwel al deze conclusies is ook in de literatuur steun te vinden.

De indroging van onbegroeide gronden had blijkens de waarnemingen uit 1945, 1946 en 1947 niet veel te betekenen. Vochtverliezen ten gevolge van indroging groter dan 40 mm (berekend over een profiel tot 80 cm) waren zeldzaam, ook in een droge zomer (tabel 28).

Deze ervaring was trouwens conform de verwachtingen. Naarmate de bovenste grondlaag verder uitdroogt, wordt het capillair transport namelijk trager, om beneden een niet eens zo bijzonder laag vochtgehalte (MOORE, 1939) vrijwel nul te worden. Daarna is alleen nog transport in dampvorm mogelijk, maar ook deze verplaatsing verloopt langzaam (BAVER, 1946; ARENS, 1949; KOLIASEV en MELNIKOVA, 1949). Bovendien is het niet uitgesloten, dat een groot deel van het water dat in dampvorm wordt verplaatst, in de grond zelf aanwezig blijft. Gedurende de zomermaanden is de gemiddelde temperatuur van de bovenste 10 cm van de grond hoger dan van de diepere gelegen lagen (BRAAK, 1941), waardoor een damptransport van boven naar beneden zou kunnen ontstaan, zoals bijvoorbeeld door LEBEDEF (1927), EDLESEN en BODMAN (1941), ROSEAU (1947) en JAKOBSEN, LYSGAARD en HØJENDAHL (1950) werd betoogd. Voorts is het nog mogelijk, dat het geringe verlies van waterdamp uit de droge grond naar de atmosfeer wordt gecompenseerd door het optreden van condensatie van waterdamp uit de atmosfeer op de gronddeeltjes in perioden van tijdelijk lage temperaturen aan het grondoppervlak (HESSELINK en HUDIG, 1925; WIKLUND, 1891; LEBEDEF, 1927). Voor het vochtiger worden van de bovenste grondlaag gedurende de nacht gaf het in 1948 verrichte onderzoek naar de onderzochte gronden een invloed van de grondsoort op de mate van indroging niet merkbaar. De cijfers van enkele onbegroeide standaardplekken van 1945 wekten de indruk, dat kleigronden, die scheurvorming vertoonden, een iets grotere indroging lieten zien dan de gemiddelde, hetgeen klopt met een mededeling van VEIHMAYER en HENDRICKSON (1936), geciteerd door KRAMER.

Op twee bedenkingen, die tegen de verkregen gegevens konden rijzen, dient nog te worden gewezen. In de eerste plaats kan de condensatie van waterdamp uit en de afgifte van waterdamp aan de atmosfeer beïnvloed zijn geweest door het feit dat de grond zout was. ESER (1884) heeft reeds gewezen op de geringere indroging van zoute gronden vergeleken bij normale. Er zijn echter bij de proefplekken talrijke voorbeelden te vinden dat de toplaag – uit oogpunt van indroging de belangrijkste laag – bijna zoutvrij was en op deze plekken lag de indroging slechts zelden en dan nog maar weinig boven de gemiddelde en bleef in elk geval toch ook beneden de bovengenoemde 40 mm.

Een tweede bezwaar zou kunnen zijn dat de gronden een van de normale afwijkende structuur hadden. Inderdaad kwamen in Zeeland na de inundatie akkers voor, waar de indroging weken werd vertraagd doordat zich een korst vormde op de grond, waaronder de rest van de bouwvoor soms tot laat in het voorjaar nat, ja zelfs pappig bleef. [Dat korstvorming de indroging belemmert werd reeds door ESER (1884) aangetoond.] Dergelijke extremen kwamen echter op de proefplekken – die doorgaans tijdig door de landbouwers waren begipt – zelden voor. Op verscheidene plekken week de structuur bij visuele beoordeling zelfs niet noemenswaard van de normale af. Bovendien bleek dat een herhaald verbreken van een eventueel aanwezig korstje de indroging nog verminderde.

De geringe indroging van onbegroeide grond gedurende de zomermaanden wordt ook in de literatuur meermalen vermeld (VARALLYAYA en KAPP, 1949). ZUUR (1938) geeft voor de Wieringermeer cijfers die de 40 mm slechts zelden overschrijden, terwijl de zeer natte toplaag daar bovendien meer water voor verdamping ter beschikking had dan in normale gronden het geval is. Uit de zeer uitgebreide proeven van HARRIS en TURPIN (1917) laten zich indrogingen berekenen (over een profiel tot 90 cm) van ruim 30 mm en dat voor vermoedelijk zeer droge zomers. (Het is trouwens mogelijk dat schaarse regenbuien – door 't herstel van de capillaire beweging – tot een sterkere indroging leiden dan een werkelijk regenloze zomer, GRILLOT en BRYSSINE, 1947.) VON SEELHORST (1910, a) vond in de natte zomer van 1910 helemaal geen indroging. Uit zijn gegevens blijkt dat er in de loop van de zomer wel tussentijdse indrogingen zijn opgetreden en wel van maximaal 17 mm (voor een profiel tot 1,33 m). PENMAN en SCHOFIELD (1941) berekenen dat voor een profieldiepte tot 50 cm de indroging in een normale zomer (te Rothamsted) maar zelden boven 18 mm komt. Aan de door deze onderzoekers gebezigde rekentechniek kon echter wel eens een bezwaar kleven. (Ze berekenen namelijk de indroging van de grond uit de hoeveelheid regen die valt voor de drainafvoer begint, maar vermelden in hetzelfde artikel dat de drainafvoer kan beginnen voor het vochtdeficit in de grond is aangevuld.) Uit de grafieken van MITSCHERLICH en BEUTELSPACHER (1938) valt voor een profiel tot 1,10 m een maximum-indroging van 27 mm af te lezen. Bij de talrijke gegevens van VEIHMAYER (1927) zijn er enige, waaruit een grotere indroging dan 40 mm kan worden berekend. Dit zijn echter waarnemingen op land, dat op de dag voorafgaande aan de waarnemingsperiode was geïrrigeerd. De grote indroging (b.v. 60 mm) komt dan zeker voor de helft voor rekening van enkele dagen vlak na de irrigatie. De proeven die pas enige dagen na de irrigatie zijn aangezet tonen slechts geringe indrogingen. VEIHMAYER constateert voorts dat praktisch de gehele indroging voor rekening van de bovenste 20 cm komt. Ook dit was in Zeeland vaak het geval. Niet altijd echter, hetgeen wellicht ten dele kan worden verklaard door het optreden van uitzakking van water uit de dieper gelegen lagen (PENMAN, 1949), ten dele uit op grotere diepte optredende verdamping (SCOFIELD en COULSEN, 1928) of uit capillaire opstijging van water zonder dat aanvulling van beneden profieldiepte plaats vond. Uit de cijfers van ZUUR (1938) kan worden berekend dat ook in de Wieringermeer een belangrijk deel van de indroging voor rekening van de laag 0–20 cm kwam.

Uit de voorafgaande beschouwingen kan worden geconcludeerd dat de indroging van onbegroeide grond aanvankelijk snel verloopt. Dit feit heeft tot gevolg dat de bemonsteringsdata van grote invloed zijn op de geconstateerde indroging (fig. 6). Zo bleek tijdens het onderzoek in Zeeland dat bij een late voorjaarsbemonstering vaak reeds een groot deel van de indroging vóór het monsternemen had plaats gevonden. Viel de zomerbemonstering in zo'n geval kort na een regenperiode, dan kon het gebeuren, dat in het geheel geen indroging maar een stijging van de vochtcijfers werd geconstateerd, zoals ook anderen (VON SEELHORST, 1910, a; MITSCHERLICH en BEUTELSPACHER, 1938) vermelden.

Hoewel jaar voor jaar grote verschillen optreden ten aanzien van het moment waarop de indroging aanvangt, lijkt het veiligheidshalve gewenst om, terwille van een zo goed mogelijke berekening van deze indroging, de voorjaarsbemonstering niet later dan omstreeks 1 Maart te verrichten.

Een herhaaldelijk (zo mogelijk na elke regenperiode) toegepaste oppervlakkige grondbewerking verminderde de indroging van onbegroeide grond. De verschillen waren onmiskenbaar, hoewel zelden groter dan ± 10 mm (tabel 28). Uit de gegevens van HARRIS en TURPIN (1917) kan een verschil van ± 17 mm worden berekend voor een profiel tot 1,80 m. Grote verschillen konden ook niet worden verwacht, omdat de totale indroging van onbegroeide grond nu eenmaal gering was. Het watersparend effect van het schoffelen werd waarschijnlijk teweeggebracht door een combinatie van factoren. In de eerste plaats werd steeds zo spoedig mogelijk na de regenval geschoffeld. De verdamping van de pas gevallen neerslag was dan hoogstwaarschijnlijk nog niet afgelopen en het zeer snel uitdrogende losse laagje belemmerde verder transport van water naar het oppervlak. Mogelijk dat de sterker isolerende werking van de losse grond ten aanzien van de temperatuur (WOLLNY, 1880; BOCKSCH, 1929; ROSEAU, 1947) de indroging ook nog enigszins bemoeilijkte, doordat de grond onder de bewerkte laag wat koeler bleef. Voorts kan het binnendringen van de regen zijn bevorderd door het losse bovenlaagje (MUSHGRAVE en FREE, 1936; BLOHM, 1926). Dit was zeker denkbaar in Zeeland, waar ook in de zomer verslemping en korstvorming wel eens een belemmering vormden voor het snel binnendringen van de regen in de grond. Indien dan door al deze oorzaken het vochtgehalte van de geschoffelde grond groter was dan van de niet bewerkte grond, werd juist door dit hogere vochtgehalte bij intredende regen het verzadigingspunt eerder bereikt en de zaksnelheid van het water vergroot (MOORE, 1939; HARRIS en TURPIN, 1917).

Hoewel door de proeven werd bewezen, dat door een herhaaldelijk toegepaste oppervlakkige grondbewerking water in de grond kan worden opgespaard, is het belang van de proefnemingen voor de praktijk niet groot. Hoogstens zou na een natte voorzomer een ondiepe stoppelbewerking terstond na de oogst, een groter deel van het in de bovengrond voorkomende of na de oogst nog binnendringende vocht kunnen conserveren, hetgeen nut zou kunnen hebben voor de allereerste groei van een stoppelgewas of een zeer vroeg gezaaide volgende vrucht. Hierop wijzen ook BLOHM (1926) en MITSCHERLICH en BEUTELSPACHER (1938).

Hoewel in het algemeen de indroging van onbegroeide gronden tamelijk gelijkmatig verloopt, werden enkele uitzonderingen opgemerkt. In de eerste plaats drogen van enigszins oneffen gelegen land de hoogst gelegen delen (b.v. ploegbalken) in het vroege voorjaar sneller dan lager gelegen gedeelten. Deze verschillen in het tempo van indroging zijn niet alleen visueel waarneembaar, maar ook met bepalingen van het vochtgehalte aantoonbaar (tabel 10).

Voorts hebben eventueel aanwezige brede scheuren een merkbare invloed op de indroging van de grond. Terwijl gewoonlijk de indroging van onbegroeide grond van boven naar beneden voortschrijdt, treedt vanuit brede scheuren ook een indroging op in horizontale richting (tabel 11).

Het behoeft in verband met de hiervoor gememoreerde geringe indroging van onbegroeide gronden geen betoog dat een bestudering van de herbevochtiging van de grond na de zomermaanden weinig interessants oplevert. In natte zomers wordt de vochtvoorraad vaak reeds in de zomer aangevuld tot bijna de winterwaarde. Maar zelfs na een droge zomer is slechts weinig neerslag nodig om het vochtdeficit van onbegroeide grond op te heffen.

b. Begroeide grond

De jaarlijkse schommeling in de vochtvoorraad van begroeide grond (tot 80 cm diepte) is groter dan van onbegroeide grond (tabel 26). Dit is zeer begrijpelijk omdat het vochtverlies van onbegroeide grond in de zomer, behalve door een meestal tamelijk geringe uitzakking naar lagen beneden profiel diepte, wordt bepaald door de evaporatie uit de grond. Zoals reeds eerder werd vermeld is dit laatste een proces dat spoedig vrijwel alle betekenis verliest.

In begroeide gronden dalen de vochtcijfers in de zomer veel meer dan in onbegroeide gronden ten gevolge van de wateronttrekkende werking der plantenwortels (tabel 21). Toch is de indroging van begroeide grond in een natte zomer ook weer niet zó groot of de invloed van het tijdstip van bemonstering (vóór of ná een regenperiode) is nog zeer goed merkbaar. De indroging vertoonde elk jaar een zodanige schommeling (fig. 10), dat een gemiddelde weinig betekenis heeft. In tabel 77 is daarom een frequentieverdeling gegeven van de indroging op de standaardplekken.

Uit de tabel blijkt, dat 1946 een zeer geringe indroging te zien gaf. Dit is veroorzaakt door de zware regenval in Augustus. De granen (en die vormden in 1946 op Schouwen-Duiveland, waar de meeste plekken lagen, het grootste part van de verbouwde gewassen) waren toen reeds gemaaid en de vóór Augustus teweeggebrachte indroging werd kort na de oogst grotendeels teniet gedaan. MITSCHERLICH en BEUTELSPACHER (1938) vonden voor 1935 eenzelfde verschijnsel. De zware regenval in de tweede helft van Juli van dat jaar was zowel bij haver als bij aardappelen oorzaak, dat de indroging na 1 Augustus niet meer de omvang bereikte van het vochtverlies dat op 15 Juli was waargenomen. In het jaar 1936 deden ze soortgelijke waarnemingen, maar toen werd in verband met de latere datum van de regenperiode de teruggang van de indroging alleen geconstateerd bij lang doorgroeiende gewassen als aardappelen, lupine en mais. (De overige proeven waren al afgesloten.) In 1937 werd de sterkste indroging bij gerst al genoteerd op 15 Juni en bij vlas zelfs al op 24 Mei.

Het droge jaar 1947 vertoonde een sterke indroging. De hoogste waarden voor de in dat jaar gevonden indroging komen overeen met de door BUTJN (1952) berekende. In het jaar 1948 was de indroging in verhouding tot de regenval vrij groot. Ten dele is dit verschijnsel veroorzaakt doordat van de grote regenval (die grotendeels in één periode – eind Juni en begin Juli – was geconcentreerd) een deel naar de diepe ondergrond is weggezakt; deze hoeveelheid ging voor de planten verloren. Belangrijker voor de grote verdamping in dat jaar is wellicht de droge warme periode van eind Juli geweest, omdat volgens BAUMANN (1938) de gewassen tijdens hitteperiodes zeer veel water verbruiken.

1949 begon met droge gronden ten gevolge van de regenarme winter. Daardoor was minder water voor de verdamping beschikbaar en dit is vermoedelijk de reden, dat er ondanks de geringe regenval gedurende de zomer geen sterkere indroging optrad. Bovendien was, vergeleken met de voorafgaande jaren, het aantal onderzochte plekken sterk verminderd, waarbij verhoudingsgewijs veel plekken overbleven met een nogal sterke capillaire opstijging. Op deze plekken is de indroging vaak wat geringer dan normaal.

De cijfers van tabel 77 houden in dat – de normale winterregenval (1 October – 1 April) in Zeeland, volgens de maandoverzichten van het K.N.M.I., op 350 mm stellend – na een droge zomer in sommige gevallen bijna 60 % van de winterregens nodig kan zijn om het vochtdeficit in de grond aan te vullen. In de winter 1948–1949 viel slechts

TABEL 77. Standaardplekken. Indroging van begroeide grond over een profiel tot 80 cm in de verschillende jaren.

Indroging in mm		<0	0-40	40-80	80-120	120-160	160-200	>200	Neerslag in mm in de beschouwde periode
Jaar	Aantal plekken	Procentuele verdeling van het aantal plekken over de verschillende klassen							
1946	50	22	44	26	8				300-400
1947	65		3	14	35	29	14	5	125-150
1948	52		4	50	37	10			360-390
1949	25	8	24	28	28	8	4		290-310
Year	Number of cases	Number of cases falling in each class							Precipitation in mm in the observed period
Loss of water in mm		<0	0-40	40-80	80-120	120-160	160-200	>200	

TABLE 77. Sampling spots. Loss of water from the upper 80 cm of cropped soil in different years.

ruim 200 mm, hetgeen kennelijk niet voldoende is geweest om alle gronden hun normale voorjaarsvochtgehalte te geven. Op dit feit wordt nog nader teruggekomen aan het eind van deze paragraaf. Overigens komen de cijfers uit tabel 77 wel aardig overeen met de mededeling van BAUMANN (1938) dat meestal 80 à 100 mm van de winterneerslag nodig is om de grond weer op zijn voorjaarsvochtgehalte te brengen. Wel moet worden vermeld dat soms reeds vóór 1 October enige stijging van de vochtcijfers plaats vond.

Ook in de literatuur zijn gegevens te vinden over de indroging van begroeide grond. Zo geeft ZUUR (1938) voor begroeide grond in de Wieringermeer voor profielen tot 80 à 90 cm over perioden van ongeveer drie maanden, aanvangend in April of in Mei, indrogingen die rond 60 mm liggen. In de eerste jaren na het droogvallen lagen in de Wieringermeer de gevonden waarden lager dan in de latere jaren, waarschijnlijk omdat aanvankelijk de grond nog niet voldoende was gerijpt om de plantenwortels een gunstig milieu voor hun ontwikkeling te verschaffen. Uit het uitvoerige cijfermateriaal van MITSCHERLICH en BEUTELSPACHER (1938) blijkt dat zij voor gerst, haver en aardappelen in de jaren 1935, 1936 en 1937 maximum-indrogingen vinden variërend tussen 50 en bijna 125 mm en indrogingen aan het eind van de groeiperiode schommelend tussen -5 en 83 mm; alles voor profielen van 80 à 110 cm. Vlas bracht het in het natte jaar 1937 zelfs niet verder dan een indroging van 25 mm.

Het bleek dat, om veilig te zijn, een bemonstering tot een diepte van 1 meter de voorkeur verdient boven een bemonstering tot 80 cm. Weliswaar was het vochtverlies van de laag 80-100 cm in normale zomers gering, maar enige indroging trad er toch meestal wel in op. In 1947 was zelfs de bemonstering tot 1 meter aan de krappe kant. Een bemonstering tot 1,20 meter en misschien zelfs tot 1,40 meter zou zeker beter zijn geweest. Indien in alle jaren tot 1 meter was bemonsterd, zou in tabel 77 de frequentieverdeling voor 1947 een andere zijn geweest. De plekken met een geringe of matige indroging zouden niet van klasse zijn veranderd, maar naarmate het vochtverlies tot een diepte van 80 cm groter werd, steeg ook de indroging uit de laag 80-100 cm (soms tot boven 20 mm!), zodat de kans op een verschuiving naar een hogere indrogingsklasse toenam. Deze waarnemingen zijn overigens in overeenstemming met mededelingen van FRECKMANN en BAUMANN (1938), die ook indroging tot 1,20 meter diepte constateerden. ATANASIU (1948) vond voor 1947 zelfs dat een profiel tot een diepte van 1,35 m een ongeveer 12 % hoger vochtverlies te zien gaf dan tot een diepte van 1 meter. Of men rekening moet houden met zulke diepe bewortelingen als GLIEMEROTH (1952) en TRENEL (1950) vermelden, is voor Zeeuwse omstandigheden twijfelachtig, althans voor zoute gronden.

In normale zomers was het vooral de laag van 20-40 cm die de sterkste indroging te zien gaf (tabel 35; fig. 9). Vermoedelijk was de verklaring hiervoor dat naar beneden toe de bewortelingsdichtheid afnam en naar boven toe de grond tamelijk vochtig werd gehouden door de neerslag. De rechtstreekse verdamping uit begroeiende grond is namelijk – althans nadat het gewas enige hoogte heeft bereikt – gering, omdat onder de planten de windsnelheid sterk is verminderd en de zonnestralen grotendeels zijn onderschept, terwijl de luchtvochtigheid ten gevolge van de intentieve transpiratie van het gewas hoog is. Er zijn in deze zeker verschillen tussen de diverse landbouwgewassen. Een belangrijke factor als de bodemtemperatuur op geringe diepte, kon volgens onderzoeken van TAMM (1949) – afhankelijk van het verbouwde gewas – nog vrij sterk variëren. Van de zomerregens blijft voorts – afgezien van zware buien – in niet al te droge zomers een belangrijk deel in de bovengrond hangen (MITSCHERLICH en BEUTELSPACHER, 1938; RHODES en SKILLMAN, 1949; NEAL, RICHARDS en RUSSEL, 1937).

Niet alleen dat de indroging jaar voor jaar varieerde, daar waren, zoals hierboven is aangetoond, nog wel verklaringen voor aan te voeren, maar bovendien was in eenzelfde jaar de schommeling in de cijfers van de verschillende plekken zeer groot. Hoewel van deze verschillen niet altijd een verklaring kon worden gegeven, mogen hier toch enige overwegingen worden genoemd, die tot inzicht in de oorzaken van de geconstateerde spreiding zouden kunnen leiden.

1. De beworteling van het gewas. In zoute gronden beperkt de beworteling van het gewas zich veelal tot de minder zoute lagen. Dit is bekend uit de literatuur (WADLEIGH, GAUCH en STRONG, 1947) en dit is in Zeeland nog eens opnieuw aangetoond door VAN DEN BERG (1952). Bovendien is de wateronttrekking aan nog wel doorwortelde lagen geringer naarmate het zoutgehalte van deze lagen hoger is (WADLEIGH, GAUCH en STRONG, 1947; CHANDNANI, 1947). Lage waarden voor de indroging van zeer zoute begroeiende grond – vaak, maar niet altijd, samengaand met een lage oogst – werden dan ook enige keren geconstateerd. De wortelontwikkeling kan natuurlijk ook door andere oorzaken zoals profieltype (VELDMAN, 1948; BUTIJN, 1952) of een nat voorjaar (PENMAN, 1949) worden belemmerd. Mogelijk zijn ook de verschillen in indroging die MITSCHERLICH en BEUTELSPACHER (1938) vonden bij verschillende bemesting van hetzelfde gewas op dezelfde grond en in hetzelfde jaar ten dele aan verschillen in wortelgroei toe te schrijven.

2. De capillaire opstijging. Op een aantal gronden was de capillaire opstijging zo sterk, dat de indroging van de grond er merkbaar door werd beperkt.

3. De variatie in de data van bemonstering. In 1946 was de indroging berekend vanaf half Maart groter dan berekend vanaf half April. Voorts was in dat jaar op vele plekken de grond per eind Juli aanmerkelijk droger dan per eind Augustus.

4. De hoeveelheid voor de plant beschikbaar bodemvocht. Deze hoeveelheid kon, zoals boven werd betoogd, jaar voor jaar verschillen, maar ook over eenzelfde periode van plek tot plek.

Een grond rijk aan losgebonden water brengt een gewas tot luxe-consumptie (VON BOGUSLAWSKI, 1939). Een gewas, dat in het jeugd stadium weinig vocht ter beschikking heeft, gebruikt ook later weinig (BAUMANN, 1949a). (Misschien is dit ook de verklaring van het feit, dat bij de herinplant van Walcheren het aantal uitvallers onder de bomen afkomstig van vochtarme gronden het geringst was.) Dit kwam mogelijk ook jaar voor jaar tot uiting: 1949 een vrij droog jaar met een droog voorjaar tegenover een nat jaar als 1948, waarin de indroging evenwel zeker niet geringer was dan in 1949.

Een verband tussen voorjaarsvochtgehalte en indroging (in die zin, dat bij hoger vochtgehalte de indroging groter was) bleek in 1947 op een aantal gipsproefvelden (blz. 70) en in 1947, 1948 en 1949 op de ontwateringsproefvelden (tabel 39). Op deze

laatste proefvelden hadden de drainsleuven in het voorjaar een hoger vochtgehalte en zij toonden een grotere indroging gedurende de zomer. De moeilijkheid in dergelijke gevallen is echter, dat een verschil in vochtgehalte nog niet altijd betekent, dat dit meerdere vocht ook door de planten kan worden opgenomen. Zelfs niet op eenzelfde proefveld, omdat als gevolg van verschillen in kleigehalte en structuur het water wel meer of minder goed beschikbaar voor de planten kan zijn. In deze kan alleen een onderzoek met tensiometers inzicht verschaffen. Bovendien kan b.v. op de ontwateringsproefvelden een verschil in wortelontwikkeling in en naast de drainsleuf een rol hebben gespeeld (GOEDEWAAGEN, 1942).

Bij de onderzochte standaardplekken was een zevental, dat twee, drie of vier jaren achtereen een zeer sterke indroging te zien gaf. Deze zeven vormden echter noch in profielopbouw, noch in hoogteligging, noch in begroeiing een homogene groep. Er waren vier al dan niet goed ontwaterde zware gronden bij, waarvan drie graslanden. Voorts één grasland op zavel met een zware ondergrond op ± 70 cm en twee vrij lichte prima ontwaterde zavels, die in bouwland lagen. Waarom deze plekken nu elk jaar een sterke indroging vertoonden en vele andere niet, was niet duidelijk. Slechts in één geval was een aardige vergelijking mogelijk: De standaardplek OB 3 in de Oost-Bevelandpolder lag hoger en had een lichter profiel dan de overige plekken in deze polder. Deze grond droogde in het voorjaar snel en sterk in en leverde daarna weinig water meer. De voorjaarsindroging was zo groot, dat de andere plekken in de Oost-Bevelandpolder – op welke plekken de indroging veel langer doorging – de eenmaal ontstane achterstand in indroging niet meer inhaalden. Mogelijk is het water in deze lichte grond zo los gebonden, dat het gewas elk voorjaar een zekere luxe-consumptie vertoont.

Ook werd nog nagegaan welke plekken in het droge jaar 1947 een geringe indroging te zien gaven. Er waren plekken bij (o.a. StW 14), waar de wortelgroei kennelijk was belemmerd door het hoge zoutgehalte van het bodemvocht. In een profiel als van BB 1 (50 cm lichte zavel op zand) stond weinig water ter beschikking en kon de indroging dus ook nooit groot zijn. In vele andere gevallen kon de oorzaak van de geringe indroging echter niet worden opgespoord.

Het tempo van de indroging van begroeide grond is eveneens bestudeerd. In het algemeen komt de indroging van begroeide grond niet zo spoedig tot een einde als die van onbegroeide grond. Toch is bij wintergewassen en bij vroeg gezaaide zomer- gewassen de indroging van de grond in Juni veelal kleiner dan in Mei. Gedurende Juli is in vele gevallen de indroging nog slechts van geringe betekenis. Nadat de granen het veld hebben geruimd en soms reeds voordien, begint in normale zomers de vochtvoorraad van de grond al weer toe te nemen (fig. 9). Ook in de hiervoor (blz. 159) geciteerde literatuur worden soortgelijke waarnemingen vermeld. Zelfs bij langgroeijende gewassen is tijdens de Augustusmaand de indroging van de grond meestal gering, mede doordat in ons land de regenval in deze periode gemeenlijk vrij hoog is. Anderzijds werd in het begin van de herfst nog wel eens een duidelijk meetbare indroging van begroeide grond vastgesteld.

Overigens is het tempo van indroging van begroeide grond afhankelijk van de regenverdeling tijdens de groeiperiode van het gewas. Wellicht spelen de snelheid en het ritme van de wortelontwikkeling ook nog een rol (GOEDEWAAGEN, 1942).

Er werd reeds gememoreerd dat de indroging van de grond in verticale zin meestal een duidelijk verloop vertoont. In horizontale richting is de indroging ook niet overal

even groot, zodat onder een gewas in één zelfde laag drogere en nattere plekken voorkomen (tabel 12). Men zie hiervoor ook BAUMANN (1940, c) en GLIEMEROTH (1952).

Bij de bestudering van de vochtcijfers kwam nog een merkwaardigheid aan het licht, waarop hier even mag worden gewezen. In fig. 10 kwam al tot uiting dat in het voorjaar van 1947 op de gipsproefvelden de lagen 10–20 cm en 40–60 cm een hoger vochtgehalte vertoonden dan de tussenliggende laag 20–40 cm. Ook in andere jaren (fig. 9) trad dit verschijnsel op. Zo waren op Schouwen-Duiveland in 1945 terstond na het droogvallen op de 37 standaardplekken de A-cijfers van de lagen 10–20 cm en 40–60 cm respectievelijk $5,66 \pm 0,91$ en $2,24 \pm 0,42$ hoger dan van de laag 20–40 cm. In het voorjaar van 1946 bedroegen de verschillen in dezelfde volgorde $2,65 \pm 0,78$ en $3,13 \pm 0,64$. Voor de geringere watercapaciteit van de laag 20–40 cm kunnen vele – overigens niet nader onderzochte – factoren verantwoordelijk zijn. In vele Zeeuwse gronden daalt het humusgehalte beneden de bouwvoor vrij snel, de laag 20–40 cm wordt niet vaak in de grondbewerking betrokken, terwijl voorts de indroging van deze laag meestal sterker is dan van de dieper gelegen lagen (tabel 35) en dergelijke sterk indrogende lagen mogelijk in waterhoudend vermogen achteruitgaan (BAUMANN, 1937).

Na de bespreking van de omvang en het tempo van de indroging van begroeide grond gedurende de zomermaanden dienen ook enige woorden te worden gewijd aan de herbevochtiging van de grond gedurende herfst en winter.

De stijging van de vochtcijfers op zichzelf levert niet zoveel stof tot beschouwingen. In grote trekken is de toename van de vochtvoorraad niet anders dan het spiegelbeeld van de gedurende de zomer opgetreden indroging. Zo kwam de sterke indroging van begroeide grond in het droge jaar 1947 eveneens tot uiting in een markante stijging van de A-cijfers in de winter van 1947 op 1948, want er werd op de meeste plekken een 100 tot 150 mm, ja soms 200 mm van de neerslag in het profiel opgeslagen.

Toch was de hoeveelheid water die gedurende de winter in de grond werd geborgen niet alleen afhankelijk van de indroging die in de voorafgaande zomer was opgetreden. Het bleek namelijk dat de voorjaarsvochtgehalten van de grond enigszins werden beïnvloed door de regenval in de voorafgaande winter. Hoewel onder Nederlandse omstandigheden de grootte van de neerslag vrijwel altijd voldoende zal zijn om de grond zijn maximale vochtgehalte te verschaffen, is de verdeling van de neerslag blijkbaar van belang. De cijfers wekten de indruk dat de grootst mogelijke vochtvoorraad slechts werd bereikt, indien gedurende de winter enkele malen hoge grondwaterstanden optraden (tabel 45).

Dat de voorjaarsvochtvoorraad samenhangt met de aard van het profiel heeft geen betoog; een veengrond kan meer water vasthouden dan een zandgrond. Voorts is er reeds op gewezen dat op één perceel de vochttrijkdom van de grond in het voorjaar kan variëren naar gelang de toestand waarin de grond verkeert. De verschillen in vochtgehalten tussen begripste en onbegripste veldjes van één proefveld kwamen reeds ter sprake en ook de in vergelijking met de akkermiddens hoge vochtcijfers van drainsleuven werden al eerder vermeld (tabel 39). Deze verschillen waren in het algemeen te groot om te kunnen worden geweten aan een verschil in volumegewicht van de grond (GLIEMEROTH, 1951).

Op de mate van bevochtiging zal hier niet verder worden ingegaan; wel zullen nog enige woorden worden gewijd aan de wijze waarop de grond de regen opnam. Uit een bestudering van de wijzigingen in de C-cijfers werd de indruk verkregen dat uit de bovenste lagen van de grond al zakwater vrijkwam, voordat deze bovengrond zijn maximale vochtgehalte had bereikt. De cijfers van DEMORTIER en DROEVEN (1950) wijzen ook in de richting van waterpassage vóór een volledige bevochtiging is bereikt, zelfs voor de dieper gelegen lagen. Bij de behandeling van het gedrag der grondwater-

dat vrijwel geen potentiaalverval in het bodemvocht was ontstaan. Er kon dus ook geen sterke capillaire opstijging worden verwacht. In 1947 werd op deze plekken een flink vochtverlies geconstateerd. Het door deze indroging onstane potentiaalverval veroorzaakte een capillaire opstijging van 70 à 80 mm. Zo was het in een aantal gevallen mogelijk een verklaring te vinden voor het uiteenlopen van de capillaire opstijging op een bepaalde plek in verschillende jaren.

Vooral op Schouwen-Duiveland lagen echter ook standaardplekken, die elk jaar een sterke capillaire opstijging te zien gaven. Op dergelijke plekken hield de capillaire opstijging gedurende de gehele zomer min of meer stand. Dit waren profielen met een vrij hoge grondwaterstand, meestal met reeds binnen profieldiepte (80 cm) veen in de ondergrond, terwijl in vele gevallen de grond kennelijk vroeger was vergraven, waarschijnlijk voor moertering. Voorts waren er ook enkele jonge lichte zavel met zandige ondergrond, die een sterke capillaire opstijging vertoonden, waarschijnlijk ten gevolge van kweldrang.

Hoezeer de profielopbouw van invloed is op de capillaire opstijging bleek, toen van 12 daarvoor in aanmerking komende begroeide plekken op Schouwen-Duiveland de capillaire opstijging gedurende eind April en begin Mei 1948 werd vergeleken met de gemiddelde grondwaterstand in die periode. Deze grootheden vertoonden nl. nauwelijks enig verband. Dit gebrek aan correlatie zal wel grotendeels zijn veroorzaakt door verschillen in capillair geleidingsvermogen tussen de onderzochte plekken, want in een homogeen terrein moet een wijziging in het phreatisch vlak ongetwijfeld – althans binnen zekere grenzen en berekend voor een bepaalde profieldiepte – een verandering in capillaire opstijging medebrengen. Er zijn genoeg gebieden bekend waar een stijging van de grondwaterspiegel (b.v. door aanleg van irrigatiewerken) een sterke capillaire opstijging te voorschijn riep (o.a. KELLEY, 1937); verlaging van de grondwaterstand is dan ook steeds een aanbevolen middel geweest om verzilting ten gevolge van capillaire opstijging te voorkomen (b.v. VAN WEL, 1947; TALATI, 1947). De variatie in profielopbouw was ook goeddeels verantwoordelijk voor de grote verschillen in capillaire opstijging op korte afstand. Zo werd b.v. op de ontwateringsproefvelden waargenomen, dat de capillaire opstijging in de drainsleuven vaak groter was dan op de middens van de naastliggende akkers.

Men dient bij de hiervoor gegeven voorbeelden te bedenken dat het kan voorkomen dat b.v. de profielopbouw niet rechtstreeks maar via een nevenfactor invloed uitoefent op de capillaire opstijging.

Het is wellicht nuttig hier nog even te releveren dat men in de praktijk te maken heeft met drie groepen factoren. Deze factoren zijn veelal geen onafhankelijke variabelen en staan bovendien meestal – zij het dan vaak indirect – onder invloed van de weersomstandigheden. Deze groepen zijn:

1. Het tempo, de wijze en de mate van wateronttrekking aan de grond.
2. De snelheid waarmee en de hoogte waartoe het water capillair kan opstijgen.
3. De grondwaterstand en de daarin optredende schommelingen.

Zo kan het voorkomen, zoals reeds werd vermeld, dat in een droog jaar een plek, die onder gunstige omstandigheden wel in staat zou zijn een meetbare hoeveelheid water naar de doorwortelde zone te voeren, geen capillaire opstijging van betekenis vertoont. De snelle indroging van de grond rond de wortels belemmert een verdere wortelontwikkeling en reduceert de capillaire stijgsnelheid in hoge mate. In hetzelfde droge jaar kan op een andere plek met wat meer capillair transport de wortelgroei – door het langer vochtig blijven van de grond – langer stand houden. In zo'n grond wordt de

waterbeweging minder belemmerd, waardoor tussen de beide plekken verschillen in capillaire opstijging kunnen worden gevonden, die veel groter zijn dan in een nat jaar.

Anderzijds zou op sommige sterk opgevendende plekken de capillaire aanvoer wellicht nog groter zijn geweest, ware het niet dat het hoge zoutgehalte van het aangevoerde water een verdere wateronttrekking door de wortels tegenging.

In een drainsleuf kan door de gunstige structuur van de grond (FAUSER, 1935) het wortelnet van het gewas een grotere uitbreiding krijgen dan in de niet vergraven grond van de naastliggende akker. De vochtonttrekking door de wortels vindt dan in de drainsleuf plaats in een beter doorworteld volume grond en tot een grotere diepte. Hierdoor wordt de capillaire stijgsnelheid minder vertraagd en worden aan de capillaire stijghoogte geringere eisen gesteld met als gevolg een langduriger capillair transport.

In een natte zomer zullen de betrekkelijk hoge grondwaterstanden plaatselijk aanleiding kunnen geven tot een onverwacht sterke capillaire opstijging, op andere plekken zal de geringe indroging van de grond de capillaire aanvoer sterk reduceren.

Afgezien van het feit dat het vaak toch al ondoenlijk is om uit te maken met welke van de vele mogelijkheden men in een concreet geval te doen heeft, resteert nog de moeilijkheid dat de capillaire opstijging in vele gevallen wordt doorkruist door het uitzakken van water uit de grond of door, ook in de zomer optredende, regenpassage. Deze verschijnselen veroorzaakten dat uiteindelijk de gemeten veranderingen in de totale zoutvoorraad van het profiel – waaruit de capillaire opstijging moet worden berekend – veelal een tamelijk onoverzichtelijk geheel vormden.

Zo werd b.v. in 1946, 1948 en 1949 gedurende de zomer in sommige profielen een toenemen van het zoutgehalte waargenomen, terwijl in andere een verlies aan zout werd geconstateerd.

Om een beeld te krijgen van de minimale capillaire opstijging kon op begroeide plekken de volgende methode worden gebezigd: De eventuele zoutverliezen in de ondergrond werden buiten beschouwing gelaten en er werd zonodig slechts gekeken naar de bovenste lagen (meestal 0–40 cm), die wel verzilting te zien gaven. Bij toepassing van deze methode bleek dat in alle jaren vrijwel alle begroeide plekken op zijn minst enige capillaire opstijging te zien gaven. En als voor het jaar 1948 de zeer natte periode van eind Juni en begin Juli werd geëlimineerd door alleen de capillaire opstijging van vóór die tijd te beschouwen, viel van het – trouwens geringe – aantal twijfelgevallen het grootste deel ook nog weg.

Men dient zich af te vragen of een dergelijke rekentechniek wel geoorloofd is. De kans dat de zouttoevoer naar de bovenste lagen veel groter is geweest dan uit de cijfers blijkt, is gering. De kans op uitzakking van bodemvocht uit deze lagen is niet groot en een eventuele ontzilting van de toplagen is, o.a. blijkens een in 1948 genomen proef, in elk geval geringer dan van de dieper gelegen lagen. Een ernstiger bezwaar is dat het in de bovenste lagen aangevoerde water niet volledig van beneden de bemonsterde lagen hoeft te zijn aangevoerd. Het is heel goed mogelijk en zelfs waarschijnlijk, dat een deel van het in de toplagen aangevoerde water afkomstig is uit de onderste lagen van het bemonsterde profiel inplaats van uit de niet bemonsterde ondergrond.

Toch is, als men weten wil hoeveel water het ondervlak van het bemonsterde profiel in opwaartse richting heeft gepasseerd, de bovenvermelde berekening van de capillaire opstijging waarschijnlijk minder ver bezijden de werkelijkheid dan een rekenwijze waarbij de veranderingen in het zoutgehalte van het gehele profiel in de berekening worden betrokken. Daarom is ook tabel 78 opgenomen, waarin een beeld wordt ge-

geven van de capillaire opstijging – berekend op de bovenomschreven wijze – in de 28 standaardplekken op Schouwen-Duiveland die in 1946 en 1947 werden bemonsterd. Uit de tabel blijkt dat, hoe aanvechtbaar de cijfers ook mogen zijn, in een gebied als Zeeland de hoeveelheid vocht die door capillaire opstijging binnen het bereik van de wortels wordt gebracht, in een aantal gevallen niet mag worden verwaarloosd.

TABEL 78. Standaardplekken, Schouwen-Duiveland, 1946 en 1947. Capillaire opstijging in mm op begroeide plekken in de laag 0-80 cm.

Capillaire opstijging in mm		0-40	40-80	80-120	120-160	160-200	>200
Jaar	Aantal plekken	Verdeling van het aantal plekken					
1946	28	15	9	1	2	0	1
1947	28	10	11	4	2	1	0
Year	Number of cases	Number of cases falling in each class					
Capillary rise in mm		0-40	40-80	80-120	120-160	160-200	>200

TABLE 78. Sampling spots, Schouwen-Duiveland, 1946 and 1947. Capillary rise in mm measured in the upper 80 cm of cropped plots during summer.

De vraag dient te worden gesteld of de gewassen veel voordeel van de capillaire opstijging hebben. Deze vraag is gedurende vele jaren een strijdpunt geweest tussen verschillende onderzoekers. Het tegenwoordig meestal gehuldigde standpunt, dat het voordeel voor het gewas gering is (afgezien dan van capillair transport over korte afstanden naar de wortelharen) geldt ook voor de meeste Zeeuwse gronden, tenzij men te maken heeft met zeer diep wortelende gewassen (o.a. vruchtbomen), waarvan de wortels ook in de zomer nog tot dicht bij het grondwater reiken. De capillaire opstijging bleek in tal van gevallen gering en vond voornamelijk plaats in het voorjaar, dus in een periode, dat de grond toch wel voldoende vocht ter beschikking van het gewas kon stellen. In zo'n tijd leidt een extra goede vochtvoorziening wellicht slechts tot luxeconsumptie, terwijl volgens BAUMANN (1949, b) een groot vochtverbruik in het voorjaar een grotere vochtbehoefte dan normaal bij het gewas teweegbrengt gedurende de zomermaanden. Een capillaire opstijging die, dank zij watertoevoer van elders naar het profiel, de gehele zomer stand houdt heeft, vooral bij weinig vochthoudende profielen, ongetwijfeld grote betekenis voor de vochtvoorziening van het gewas, hetgeen wel is gebleken in de Noordoostpolder, waar in de zandgronden de grondwaterstand werd afgestemd op de capillaire stijghoogten van het betreffende zand. Deze werkwijze leidde tot zeer bevredigende resultaten. In Zeeland werkte de sterke capillaire opstijging vaak ongunstig door het hoge zoutgehalte van het opstijgende water.

De meeste moeilijkheden leverde de bestudering van de capillaire opstijging op onbegroeide gronden. Deze gronden droogden slechts weinig in, zodat reeds bij een matige regenval afvoer kon optreden. Door deze in normale en vochtige zomers vrij sterke regenpassage, overheerste in vele gevallen de neerwaartse waterbeweging de capillaire opstijging. Berekeningen over de netto capillaire opstijging – waarbij dus de ontziltende werking van de regen alsmede het uitzakken van bodemvocht er uitgerekend moesten worden – werden daardoor zeer onzeker; meestal werd alleen de resul-

tante van alle samenwerkende factoren beschouwd. Zo was op de verdampingsproefvelden tegen het eind van de zomer de zoutvoorraad in de onbegroeide veldjes steeds geringer dan in de begroeide veldjes. In hoeverre dit nu werd veroorzaakt door verschil in capillaire opstijging en in hoeverre door verschil in neerwaartse waterpassage, was vrijwel niet na te gaan. Evenzo stak het zoutgehalte van herhaaldelijk geschoffelde kale grond gunstig af tegen dat van onbewerkte kale grond (tabel 22, tabel 29, fig. 7), maar slechts in een enkel geval (het proefveld VW 25 in de voorzomer van 1947) kon met zekerheid worden vastgesteld, dat dit lagere zoutgehalte door een belemmeren van de capillaire opstijging werd veroorzaakt. [Ook MORANI (1948) schrijft de door hem gevonden vermindering van de verzilting der bovenste grondlagen, ten gevolge van grondbewerking, toe aan een belemmeren van de capillaire opstijging.] In alle andere gevallen moest ook rekening worden gehouden met een verschil in neerwaartse waterpassage tussen bewerkte en onbewerkte grond.

b. Uitzakking van water

Zoals vermeld, werd de interpretatie van de cijfers betreffende de capillaire opstijging bemoeilijkt, doordat tijdens de waarnemingsperioden meestal ook uitzakking van bodemvocht of neerwaartse waterpassage werd geconstateerd. Uitzakking was waarschijnlijk in die gevallen waarin onderin het bemonsterde profiel vocht- en zoutverliezen optraden, zonder dat een sterke daling van de C-cijfers werd waargenomen, terwijl ook over het gehele profiel genomen de zoutvoorraad afnam. Met zekerheid werd uitzakking aangetoond in Augustus 1947 op het (onbegroeide) proefveld VW 25, waar zoutverliezen optraden, die groter waren dan met de regenval – die slechts 12 mm in 35 dagen bedroeg – konden verklaard worden. BAUMANN (1937) vond onder vlakwortelende grassen eveneens een uitzakken van water uit de ondergrond gedurende de groei-periode van het gewas.

De uitzakking van water uit de grond was niet, zoals de capillaire opstijging, voornamelijk gebonden aan het voorjaar. Wel maakten de waarnemingen waarschijnlijk dat reeds kort na de winter uit sommige profielen water wegzakte, maar anderzijds was hier en daar ook midden in de zomer uitzakking aannemelijk. De voornaamste oorzaak voor het uitzakken van water was de daling van de grondwaterstand. Mogelijk dat ook het warmer worden van de grond gedurende voorjaar en zomer enige uitzakking teweeg kan brengen.

c. Neerwaartse waterpassage

Waren de capillaire opstijging en de uitzakking van water verschijnselen die zich vrijwel uitsluitend in het zomerhalfjaar voordeden, met de neerwaartse waterpassage komt een onderwerp aan de orde dat voornamelijk op winterwaarnemingen betrekking heeft. Toch was ook in de zomermaanden de neerwaartse waterbeweging niet zeldzaam. Op onbegroeide gronden was het zelfs regel dat in een vochtige zomer de passage van regenwater door de grond duidelijk groter was dan de capillaire opstijging. Maar ook door begroeide grond zakte in regenrijke zomers wel neerslag weg naar de ondergrond. In 1948 viel omstreeks eind Juni zoveel regen dat de grondwaterstanden enige decimeters stegen (tabel 42). In het laatst van Mei 1945 werden op Tholen plaatselijk zelfs drainafvoeren geconstateerd, een overigens in de zomer ongewoon verschijnsel (PENMAN en SCHOFIELD, 1941).

Na een normale zomer kan men in een winterhalfjaar (1 October tot 1 April) met een

gemiddelde regenval van 350 mm een neerwaartse waterpassage verwachten van ± 160 mm (350–90 mm, nodig voor verhoging van de vochtvoorraad van de grond – 100 mm verdamping). Hierbij dient nog te worden opgemerkt dat ook vóór 1 October en na 1 April nog wel enige waterpassage kan optreden. MASCHHAUPT (1938) geeft als gemiddelde waterpassage voor een heel jaar ongeveer 190 mm.

Indien de grond in de voorafgaande zomer onbegroeid is geweest, dan mag worden gerekend op een gemiddelde waterpassage van minstens 200 mm. Winter voor winter kunnen de cijfers echter sterk variëren. In de winter van 1948 op 1949 was in Zeeland zelfs op niet verslechte gronden de neerwaartse waterpassage van zeer weinig betekenis. Ook MASCHHAUPT wijst op deze grote variatie in waterpassage in de verschillende jaren.

Voor geïnundeerde gronden komt hier dan nog bij dat ook in één winter de cijfers plek voor plek sterk uiteen kunnen lopen door de grote verschillen in bovengrondse afvoer. Indien men bedenkt dat deze bovengrondse afvoer kan variëren van 0–100 mm, dan zal het duidelijk zijn dat zelfs in één winter, alleen al op grond van de verschillen in verslemping, een grote variatie in de neerwaartse waterpassage kan optreden.

Hoe groot deze bovengrondse afvoer kon zijn, volgde onder andere uit de bemonsteringen van enige gipsproefvelden. Uit deze cijfers bleek dat bij een goede structuur van de bovengrond enige tientallen millimeters neerslag meer in de grond drongen dan bij een sterk verslechte bouwvoor (tabel 58).

Een regelmatige verdeling van de neerslag bevordert de neerwaartse waterpassage, omdat de kans op bovengrondse afvoer vermindert.

De doorlatendheid van de bovengrond steeg meestal aanmerkelijk onder invloed van een vorstperiode. Dit is in overeenstemming met de waarnemingen van ERIKSSON (1941). De verbetering van de doorlatendheid was echter van korte duur, hetgeen te verwachten was omdat de waterstabiliteit van de grond door de vorst sterk kan lijden (SLATER en HOPP, 1949) en omdat speciaal in Na-gronden de door de vorst gevormde aggregaten een geringe stabiliteit bezitten (GARDNER, 1945).

Overigens was er behalve de variatie in de verslemping nog een andere factor die de spreiding in de gevonden cijfers beïnvloedde. De indroging gedurende de zomer was – althans voor begroeide gronden – plek voor plek ook nogal ongelijk, hetgeen het verschil tussen de uiterste waarden van de neerwaartse waterpassage nog vergrootte.

Van het al of niet begroeid zijn der gronden gedurende de wintermaanden werd geen invloed op de neerwaartse waterpassage geconstateerd. Ten aanzien van de periode tussen half December en half Maart was deze waarneming in overeenstemming met de cijfers van PFAFF (1938). Voor het tijdvak van half September tot half December vond hij evenwel dat bijvoorbeeld een begroeiing met klaver de hoeveelheid zakwater sterk deed dalen in vergelijking met braak liggende grond. Hoewel zijn conclusies zeer aannemelijk zijn, werden ze in Zeeland niet bevestigd, mogelijk doordat later in de winter het gewas de verslemping tegenging en daardoor het binnendringen van de neerslag in de grond bevorderde. Daar slechts weinig tussenbemonsteringen werden verricht halverwege de winter, kon geen cijfermateriaal worden verkregen om de gegevens van PFAFF te toetsen.

De tot nu toe gegeven beschouwingen zijn – zonder dat dit met nadruk werd vermeld – steeds gebaseerd geweest op gevallen dat de berekening van de neerwaartse waterbeweging was geoorloofd. Deze berekening was echter – zoals in hoofdstuk I uitvoerig werd uiteengezet – niet altijd toelaatbaar. Hier wordt dan nu niet in de eerste

plaats gedacht aan plekken, waarvan de aard van de grond de omrekening op W- en Z-cijfers niet toeliet, of aan plekken die reeds te ver waren ontzilt of waarvan de C-cijfers van het afgevoerde water tijdens de waarnemingsperiode teveel waren gedaald. Be-doeld zijn die plekken waar, ten gevolge van een ondoorlatende of slecht doorlatende laag op geringe diepte, in perioden met hoge grondwaterstanden een belangrijk, zij-waarts gericht watertransport binnen profieldiepte plaats vond. Voor dergelijke plekken (vele poelgronden) kon geen berekening van de neerwaartse waterpassage worden uitgevoerd.

Ook voor plekken gelegen in drainsleuven of dicht daarbij kon de neerwaartse waterpassage niet worden berekend. De ontziltiging was in de naaste omgeving der drainsleuven veelal groter dan midden op de akkers (VAN 't LEVEN, 1951). Een dergelijke sterke ontziltiging is op hydrologische gronden te verwachten. Bovendien trad in vele gevallen bovengrondse afvoer op naar de meestal lager gelegen drainsleuven, hetgeen de ontziltiging aldaar nog vergrootte.

Voor een profiel met een zeer onregelmatige doorlatendheid, zoals van het proefveld OW 7, waar de neerslag ten dele binnen profieldiepte naar de plekken met de grootste doorlatendheid stroomde, kan eveneens geen berekening van de neerwaartse waterpassage worden opgezet. Blijkens de zeer sterke ontziltiging van de drainsleuven moet op dit proefveld nogal wat water door de drainsleuf zijn gezakt. Bovengrondse toevoer naar de drainsleuf kan niet belangrijk zijn geweest, zodat aan zijwaarts watertransport door de bovenste lagen van het profiel moet worden gedacht.

De waterbeweging beneden de drain vormt een punt dat in de volgende paragraaf aan de orde komt.

6. DE BEWEGING VAN HET WATER IN DE ONDERGROND

Weliswaar had het overgrote deel van de bemonsteringen betrekking op de lagen tot 80 à 100 cm, maar aan de hand van enige bemonsteringen tot grotere diepte, van grondwaterstandswaarnemingen en van de zoutcijfers van het gedurende de winter opgevangen drainwater, konden toch ook ten aanzien van de beweging van het water beneden de gebruikelijke bemonsteringsdiepte, enige conclusies worden getrokken.

Juist doordat de gevolgtrekkingen betreffende de beweging van het water op verschillende soorten waarnemingen zijn gebaseerd, is het ondoenlijk deze conclusies terstond te bespreken. Er is geen andere mogelijkheid dan eerst de groepen waarnemingen elk apart te bespreken en pas daarna kunnen de beschouwingen over de beweging van het water in de ondergrond aan de orde komen.

a. De jaarlijkse gang van de grondwaterstanden

In de winter lag het phreatisch vlak meestal – op zijn minst althans gedurende enige perioden – hoger dan 80 cm beneden maaiveld. In de nawinter begonnen de grondwaterstanden te dalen, welke daling zich behoudens onderbrekingen in het voorjaar meestal tot aan de herfst voortzette. Gedurende deze periode leidden alleen grote neerslaghoeveelheden tot stijging van de grondwaterstanden (tabel 42) en in uitzonderingsgevallen (Tholen, Mei 1945) zelfs tot drainafvoeren.

De daling van de grondwaterstanden na de winter was niet overal even sterk. In laagliggende gronden met kweldrang bereikten de grondwaterstanden vaak niet eens de 80 cm, terwijl anderzijds bijvoorbeeld in kreekruggronden het niveau van het grondwater wel tot 2 m beneden maaiveld kon dalen (men zie ook: *Het landbouwkundig onderzoek*

in 1949-1952 ten behoeve van de herverkaveling Walcheren (1952) en BUTIJN (1952)).

De cijfers wezen uit dat het in vele gevallen ontoelaatbaar is om uit de daling der grondwaterstanden een schatting te maken van de hoeveelheid water die door de ondergrond aan de doorwortelde zone wordt geleverd. Een geringe daling kan samengaan met een sterke capillaire opstijging indien kwel de grondwaterstand op peil houdt en omgekeerd behoeft een sterke daling van de grondwaterspiegel niet te betekenen dat veel water aan de plant is geleverd, omdat grondwater kan zijn weggestroomd naar plaatsen met een lager phreatisch vlak.

In de winter lag het niveau van het grondwater - gelijk vermeld - meestal hoger dan 80 cm beneden maaiveld, zij het dat dit gedurende de droge winter van 1948 op 1949 slechts gedurende betrekkelijk korte tijd het geval was; ook tijdens vorstperioden daalde het phreatisch vlak wel eens beneden de genoemde diepte.

Een vraag die tijdens de bestudering van de grondwaterstandswaarnemingen naar voren kwam, was: Wat zijn deze gegevens waard? In verscheidene gevallen gingen de grondwaterstanden op één akker, ja soms op alle akkers van één proefveld, zo fraai gelijkmatig op en neer, dat de waarnemingen een uiterst betrouwbare indruk maakten (fig. 13; fig. 16). Globaal gezien was zelfs het gedrag van de waterstand in alle buizen op alle proefvelden tamelijk eenvormig. Anderzijds kwam het toch nog al eens voor dat de niveaus in de buizen op één akker individuele verschillen vertoonden; soms gedurende een gehele winter, soms maar op enkele dagen. Zo konden bijvoorbeeld in niet al te natte perioden de grondwaterstanden in twee buizen gelijk op en neer gaan, maar bij sterke neerslag kon in de ene buis het water steeds veel hoger stijgen dan in de andere. Op een proefveld als OW 7 (kleiplaatgrond) waren de gedragingen der grondwaterstanden zo verschillend, dat men moeilijk nog van een grondwaterspiegel kon spreken. In ieder geval moet de conclusie uit de waarnemingen wel luiden, dat men nimmer genoeg kan nemen met één enkele buis per object. Steeds dienen de waarnemingen in tweevoud of in drievoud te geschieden.

Bij de eerste herfstregens kwam het nog wel eens voor dat de grondwaterstanden in de buizen van één proefveld ongelijk op de regenval reageerden. Ook HOOGHOUT (1935) constateerde afwijkende waarnemingen aan het begin van de herfst. Hij voert aan dat de waterstand in de buizen zich nog niet zou hebben ingesteld. Mogelijk dat deze redenering geldt voor het proefveld te Nieuwolda, maar voor de Zeeuwse proefvelden moesten andere verklaringen worden gezocht. De reactie op de regenval was op de Zeeuwse proefvelden meestal zeer snel, althans in het begin van de winter. De regenval van een bepaalde dag kwam altijd reeds de volgende morgen in de grondwaterstanden tot uiting. Op het eind van de winter trad wel eens een verschuiving op, zodat de regenval pas na een dag of gedurende twee dagen zijn invloed op de grondwaterstanden deed gelden. Het verschijnsel was in de winter van 1949 op 1950 duidelijker dan in de voorgaande winters. Mogelijk dat in de nawinter de doorlatendheid van de bovengrond was gedaald. De doorlatendheid van de bouwvoor in de eerste winters komt later nog ter sprake.

Hoe het ook zij, een trage instelling van het niveau in de buizen was niet te verwachten. Eerder gingen de gedachten uit naar de mogelijkheid dat in de herfst van de regens plek voor plek ongelijke hoeveelheden tot afvoer komen, eensdeels omdat op de ene plek meer vocht nodig is ter compensatie van de indroging dan op de andere, anderzijds omdat de eerste bevochtiging van de grond niet overal even intensief zal zijn.

Bij zeer lage grondwaterstanden was trouwens ook midden in de winter de reactie van het phreatisch niveau op de regenval soms opvallend gering. Mogelijk beweegt in een grond waaruit alle zakwater verdwenen is, de neerslag zich door zulke nauwe waterbanen, dat de doordringing naar beneden te langzaam geschiedt om in de grondwaterstand tot uiting te komen. Voor deze opvatting is wel enige steun te vinden bij DONAT (1937).

Een ander merkwaardig phenomeen was, dat eenzelfde hoeveelheid regen aan het begin van een regenperiode vaak een sterker effect had op de grondwaterstand dan aan het einde van een regenperiode bij overigens nagenoeg gelijk phreatisch niveau. Misschien was dit een quacstie van luchtinsluiting die in droge grond van groter belang zou kunnen zijn dan in natte. In de eerste jaren stond er reeds bij geringe regenval een waterlaagje op het land of op de ploegzool en vormde daar een tijdelijke schijnspiegel; in latere jaren verbeterde de doorlatendheid van de bouwvoor en werd ook het bovengenoemde verschijnsel minder duidelijk. Wellicht moet deze luchtinsluiting, waarop ook CHRISTIANSEN (1944) wees, nog worden gezien als een aanvullende verklaring voor de afwijkende grondwaterstanden in het begin van de herfst.

Van veel belang voor het gedrag van de grondwaterstanden was de toestand waarin de bouwvoor verkeerde. In het eerste jaar van waarneming was de situatie vaak zo, dat een klein deel van de neerslag terstond in de grond drong en de grondwaterstand verhoogde; het grootste deel vloede bovengronds af naar lagere terreingedeelten (ploegvoren) om vervolgens zeer langzaam weg te zakken. In vele gevallen stroomde zelfs water bovengronds af naar drainsleuven of sloten. In deze eerste jaren daalde de grondwaterstand na een regenperiode dan ook slechts langzaam. Naarmate de structuur zich herstelde werd de invloed van de regen op de grondwaterstand groter en korter van duur. De grondwaterstand-tijdkromme vertoonde meer pieken en het niveau in de buizen daalde na de regen sneller.

Zo daalde tussen 16 en 21 Januari 1947 de grondwaterstand op OW 3 van 22 tot 45 cm beneden maaiveld, een daling van 23 cm. Tussen 18 en 23 Januari 1950, dus in een even lange en eveneens regenloze periode, daalde de grondwaterstand op hetzelfde proefveld van 21 tot 59 cm beneden maaiveld, een daling van 38 cm.

Over het algemeen verloop der grondwaterstanden kan nog worden opgemerkt dat in de winter van 1947 op 1948 het gedrag van het phreatisch niveau het meest spectaculair was. Na de droge zomer was er weinig of geen beweging in de grondwaterspiegel tot eind December; toen steeg het water in de buizen snel en veel. De grondwaterstand bleef hoog tot ongeveer half Februari waarna een gestadige, vrijwel ononderbroken daling aanving. Van de overige jaren mag nog worden vermeld, dat in de droge winter van 1948 op 1949 eigenlijk alleen rond de jaarwisseling hoge grondwaterstanden optraden. In de winters 1946 op 1947 en 1949 op 1950 kwam een hoog grondwaterpeil gedurende geruime tijd voor. In 1946 op 1947 zelfs zeer lang, namelijk van begin November tot eind April, maar de hoge grondwaterstanden daalden tijdens de winter enige malen sterk ten gevolge van de vorst.

Hiermede is dan tevens het laatste punt aan de orde gekomen dat, met betrekking tot de grondwaterstanden, dient te worden besproken. Onmiddellijk na het intreden van de vorst begon het peil in de buizen te dalen. Deze daling wordt meestal verklaard met de stijging van het vochtgehalte boven in de grond, waarvoor vocht aan de dieper gelegen lagen moet worden onttrokken. Bij een langdurige vorstperiode werd de daling van de waterstand wel geleidelijk geringer, maar hield soms toch nog aan nadat de dooi reeds was ingetreden, hetgeen ook door MASCHHAUPT (1948) werd geconstateerd. Bij een natte opdooi stegen de grondwaterstanden, wanneer de stijging eenmaal was begonnen, zeer snel. Het tijdstip waarop de peilen in de buizen in beweging kwamen, was zelfs op één proefveld vaak nog zeer ongelijk.

MASCHHAUPT (1948) heeft zich de vraag gesteld: Waar blijft dit boven in de grond opgeslagen water? Hierop gaven de in Zeeland verzamelde gegevens ook geen antwoord. In 1948 vond de opdooi plaats in een volkomen droge periode. Van een stijging der grondwaterstanden tijdens de dooi was niets of vrijwel niets te merken. Tijdens de vorst kan de verdamping niet groot zijn geweest, omdat de grond in de bovenste centimeters weldra tamelijk droog wordt; tijdens de dooi kan wel enig water zijn verdampt. In het begin van de dooiperiode kon namelijk nog geen water wegzakken en op vele percelen was de bovenste grondlaag de vloeigrens nabij. Maar het water dat zich bovenin de grond had verzameld, kan nooit allemaal zijn verdampt. Nu dient men te bedenken dat de Zeeuwse proefvelden alle een merkbare ondergrondse afvoer buiten de drains om te zien gaven. Tijdens de vorstperiode is het grondwater dus niet alleen gedaald ten gevolge van de vorst maar ook door normale uitzakking. Dit laatste feit, gecombineerd met de reeds eerder geopperde trage passage door matig droge grond, maakt het denkbaar dat het smelten van de watervoorraad uit de bevroren laag niet of weinig in de grondwaterstanden tot uiting kwam.

De vorst heeft niet alleen invloed op de grondwaterstanden zelf, maar ook op de meting ervan. In de eerste plaats stegen in het voorjaar van 1947 na de vorst de niveaus in de buizen tot in de bouwvoor, waarna – in de dooiperiode – het water bovenin de buizen bevroor. Van meer belang is echter het feit dat de mogelijkheid tot toetreding van het water in de buizen na een vorstperiode vaak was gedaald (hoogstwaarschijnlijk door verstopping van de jute om de buizen met slib), althans indien de dooi met snelle grondwaterstandstijgingen gepaard ging. Het is dan ook aanbevelenswaardig om na een dergelijke vorstperiode de bruikbaarheid van de buizen te controleren door ze leeg te pompen.

b. De drainafvoeren

Gedurende de zomermaanden waren drainafvoeren uiterst zeldzaam. In dit tijdvak werden eventuele afvoeren niet opgemeten. De dagelijkse observatie der ontwateringsproefvelden begon meestal tegen eind September of in het begin van October. Het tijdstip waarop de drains begonnen af te voeren liep jaar voor jaar nogal uitéén. In de winter van 1946 op 1947 werd reeds in de tweede helft van October enige malen drainwater opgevangen; in de winter van 1947 op 1948 werden de eerste afvoeren pas tegen eind December geregistreerd, terwijl in de daaropvolgende winter op de meeste proefvelden in het geheel geen drainafvoeren voorkwamen.

De belangrijkste conclusie uit de afvoermetingen is wel, dat van de door de grond gepasseerde neerslag een deel niet door de drains is afgevoerd, maar rechtstreeks via de diepere ondergrond naar nabijgelegen sloten, sprinklen of krekens is weggevoerd. Deze waterbeweging die ongetwijfeld niet in alle Zeeuwse profieltypen voorkomt, kwam aan het licht doordat de draindebieten van de proefvelden lagere waarden vertoonden dan met de berekende neerwaartse waterpassage overeenkwam.

Het is niet helemaal correct om deze rechtstreekse afvoer via de ondergrond te berekenen uit het verschil tussen de berekende neerwaartse waterpassage en de totale draindebieten. Er moet nl. rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat een deel van het op 80 of 100 cm diepte gepasseerde water heeft dienst gedaan om een vochttekort in dieper gelegen lagen aan te vullen. Dit geval heeft zich zeker niet altijd voorgedaan en wanneer een vergroting van de vochtvoorraad beneden 100 cm diepte waarschijnlijk was, bedroeg de aldaar opgeslagen hoeveelheid water veelal slechts enkele millimeters.

Anderzijds zijn de meeste drainafvoeren wel wat te hoog berekend omdat meestal door de drains ook water werd afgevoerd dat bovengronds naar de drainsleuf of de naaste omgeving daarvan was gevloeid. De meting van de drainafvoeren was bovendien met een zekere onnauwkeurigheid belast doordat op Zondagen geen waarnemingen werden verricht en doordat sommige drains af en toe onder water uitmondten. Wellicht is in enkele gevallen de intensiteit van de metingen (1 × daags) ook niet voldoende geweest om een nauwkeurig beeld van de totale afvoer te verkrijgen.

Voor zover de verkregen gegevens het opzetten van beschouwingen toelieten, dient te worden vermeld dat de rechtstreekse afvoer buiten de drains om, niet voor alle proefvelden even groot is geweest. Hoewel de gegevens van OW 7 (kleiplaatgrond) het onvolledigst waren, is het wel zeker dat hier een belangrijk deel van de neerslag buiten de drains om tot afvoer kwam. Op de proefvelden OW 3, OW 5 en OW 9 (kreegruggronden) is waarschijnlijk een kleiner deel van het door de grond gezakte water rechtstreeks in de ondergrond verdwenen. Ook voor OW 10 (jonge overgangsgrond) was de afvoer buiten de drains om niet groot en bij een wat diepere ligging der drains zou voor het proefveld OW 1 (hetzelfde bodemtype als OW 10) deze afvoer eveneens slechts gering zijn geweest (tabel 57, tabel 63 en tabel 70).

Procentueel berekend was het aandeel van de rechtstreekse afvoer door de grond naar plaatsen met een lager gelegen phreatisch vlak jaar voor jaar zeer verschillend. Deze verschillen werden teweeggebracht door de aard van de regenval. Zo werd in de winter van 1947 op 1948 naar verhouding van het door de grond gepasseerde water veel meer via de drains afgevoerd dan in 1949 op 1950. In de laatstgenoemde winter stegen de grondwaterstanden dank zij de betrekkelijk regelmatige verdeling van de neerslag nooit gedurende lange tijd bijzonder hoog, althans niet zo hoog als in Januari 1948. Maar juist bij constant zeer hoge grondwaterstanden kan het aandeel van de drains in de totale afvoer groot zijn, groter dan bij sterk wisselende of constant matig hoge standen.

Reeds eerder werd vermeld dat in de winter 1949 op 1950 de grondwaterstanden na het einde van een regenperiode sneller daalden dan in de winter 1946 op 1947, vermoedelijk ten gevolge van een sneller binnendringen van de regen in de grond. Deze snelle daling van de grondwaterstanden kwam ook in de debieten tot uiting. Zo voerde op OW 3 de drain na 16 Januari 1947 (grondwaterstand 22 cm beneden maaiveld) nog gedurende acht dagen water af (in totaal 4,4 mm), waarna de drain nog gedurende drie dagen drupte. In deze periode viel geen neerslag. Na 18 Januari 1950 (grondwaterstand 21 cm beneden maaiveld) viel al evenmin regen. Hoewel de omstandigheden dus gelijk waren aan die van 1947, voerde nu de drain nog slechts één dag af en wel 0,3 mm.

De samenhang tussen de hoogte van de grondwaterstand en de grootte van de afvoer was in het algemeen goed (fig. 18). Bij hoge grondwaterstanden nam de afvoer per cm stijging zeer veel meer toe dan bij lage grondwaterstanden. Ten slotte raakte bij bijzonder hoge grondwaterstanden het verband tussen de beide grootheden geheel zoek. Dan trad bovengrondse toevoer naar de drain op, hetgeen tot uiting kwam in een plotselinge daling van het C-cijfer van het afgevoerde drainwater. Eigenlijk pasten dergelijke afvoeren niet in een grafiek omdat in de drainsleuf het grondwater soms boven de drain stond.

Tussen de eerste en de laatste winter waarin waarnemingen werden verricht, traden geen veranderingen op in de kromme die de samenhang aangaf tussen grondwaterstand en draindebiet, zodat een achteruitgang in de doorlatendheid van de grond niet kon worden geconstateerd.

c. De zoutcijfers van het drainwater

In het algemeen gesproken, hadden de zoutcijfers van het drainwater de neiging om in de loop van een winter enigszins te dalen. Op deze algemene regel kwamen nogal enige uitzonderingen voor. Hiervan was wel de belangrijkste dat er veelal een verband bestond tussen de grootte van de afvoer en de hoogte van het zoutcijfer (fig. 18). Bij het toenemen van de afvoer daalde het zoutcijfer. Bij hoge afvoeren ging deze daling

sprongsgewijs en raakte het verband tussen afvoer en zoutcijfer zelfs geheel zoek, een teken dat de afvoer op een abnormale wijze (toevoer door de drainsleuf) tot stand was gekomen.

Voorts weken ook de zoutcijfers van het drainwater in de aanvang van de waarnemingsperiode vaak enigszins af; ze waren lager dan aan het einde van de vorige waarnemingsperiode en kwamen eerst nadat enige afvoer had plaats gevonden, op de normale waarde. Dit verschijnsel werd vermoedelijk veroorzaakt doordat de omgeving van de drain min of meer ontzilte nadat de afvoeren in een bepaalde winter waren geëindigd en voordat de afvoeren in de eerstvolgende herfst aanvingen. Bij stijging van de grondwaterstanden in de herfst werd eerst dit zoetere water naar de drain gestuwd en pas daarna kon het zoute water uit de verder van de drain gelegen grond de drain bereiken. Soms had over het gehele perceel nog een zodanige ontzilting plaats gevonden tussen de laatste afvoer van het ene seizoen en de eerste van het volgende, dat de zoutcijfers van het drainwater – en dan afgezien van de onregelmatige aanvangswaarden – op een duidelijk lager niveau waren gekomen.

Overigens dient wel te worden vermeld dat de genoemde langzame daling gedurende de winter niet altijd werd geconstateerd en ook niet altijd zo regelmatig verliep. Het kwam voor dat het zoutgehalte van het drainwater eerst geruime tijd steeg om vervolgens te dalen. Deze gedragingen worden begrijpelijk, wanneer men bedenkt dat de ontzilting van de ondergrond – waar doorheen het water veelal grotendeels naar de drains stroomt – zeer veel langzamer verloopt dan die van de bovengrond; ja het kan heel goed voorkomen dat de ondergrond – en daarmee het drainwater – zouter wordt juist door de afvoer van zout uit de bovengrond naar beneden.

Tenslotte mag nog worden gewezen op het merkwaardige geval op het proefveld OW 7. Daar was de ondergrond vooral in de eerste winters nog zeer zout, terwijl het drainwater buitengewoon lage zoutcijfers te zien gaf. Op dit proefveld moet het regenwater, voorzover het in de drains terecht kwam, naar de drainsleuf zijn gestroomd door de nagenoeg ontzilte bovengrond.

Van de totale daling der zoutcijfers over alle vier jaren geeft tabel 79 een beeld. De cijfers in de tabel hebben betrekking op niet al te kleine afvoeren. Indien twee cijfers zijn vermeld, dan geven deze de zoutcijfers weer van de drains die de hoogste en de laagste waarden leverden.

TABEL 79. Ontwateringsproefvelden, Walcheren, 1946 en 1950. C-cijfers van het drainwater in de herfst van 1946 en in het voorjaar van 1950.

No. proefveld		OW 1	OW 3	OW 5	OW 10	No. observation field	
Waarnemings- periode	Herfst 1946 Voorj. 1950	6-8 1-3	11 4,5	12-13 6-7	10-13 6-8	Autumn 1946 Spring 1950	Period of observation

TABLE 79: Observationfields, Walcheren, 1946 and 1950. C-figures of the outflow from the tile drains in autumn 1946 and in spring 1950.

In verband met de hierna te trekken conclusies moet tenslotte nog worden gememo-reerd dat de zoutgehalten van het drainwater niet altijd overeenkwamen met de C-cijfers van het bodemvocht die midden op de akkers onderin het profiel werden aange-troffen. Een markant voorbeeld leverde het proefveld OW 10 in het voorjaar van 1950. Het C-cijfer midden op de akkers bedroeg in de laag 80-100 cm gemiddeld 2,4 (en werd naar boven toe lager) maar de drains voerden water af met 6 à 8 gram zout per liter.

d. Conclusies betreffende de waterbeweging in de ondergrond

In de voorafgaande bladzijden van dit hoofdstuk zijn enige malen feiten naar voren gekomen die er op wijzen dat, althans in sommige profieltypen, de lagen beneden 80 à 100 cm tot de waterbeweging bijdroegen.

In de eerste plaats was er het feit dat het door de inundatie in de bovengrond aangevoerde zout zich onder invloed van de neerslag tot diep in de ondergrond verplaatste (fig. 20).

In de tweede plaats daalden de grondwaterstanden gedurende de winter soms tot beneden draindiepte.

Een derde argument was dat de waarnemingen op de ontwateringsproefvelden uitwezen, dat de gemeten totale drainafvoer achter bleef bij de berekende neerwaartse waterpassage. Een deel van de in de grond gedrongen en op 100 cm diepte gepasseerde neerslag moet dus buiten de drains om via de diepere ondergrond naar elders zijn afgevoerd.

Volgens de theorie (hierover is zeer veel gepubliceerd, men zie b.v. GUSTAFSSON, 1940) moet in gronden met een tot op behoorlijke diepte doorlatend profiel de afvoer naar de drains voor een belangrijk deel via de ondergrond geschieden. In de praktijk kwam deze wetmatigheid tot uiting doordat in de winter 1949 op 1950 het zoutcijfer van het afgevoerde drainwater veelal hoger was dan, gezien de reeds ver ontzilte grond midden op de akker op draindiepte, was te verwachten. Dat dit verschijnsel niet altijd even duidelijk was werd waarschijnlijk veroorzaakt doordat de drains veelal water afvoerden dat ten dele uit de bovengrond, ten dele uit de ondergrond afkomstig was. Ook aan afvoer via zeer diepe en weer weinig zoute lagen kan worden gedacht.

Zeer instructief waren de gevallen dat de grond onder de drainreeks aanmerkelijk zouter bleef dan de middens van de akkers op gelijke diepte. De lagen vlak onder de drain werden gepercoleerd met water dat via diepe en lang zout blijvende lagen daaraan heen was gestroomd. Zo kon het midden van de akkers al tot een flinke diepte ver zijn ontzilt, terwijl de grond onder de drains zout bleef door aanvoer van zout water, afkomstig uit lagen beneden profieldiepte (tabel 62, tabel 72).

Het verschil in kromming van de waterbanen bleek ook nog, doordat in de eerste ontziltingswinter het zout midden op de akkers dieper in de ondergrond drong dan dicht bij de drain. Hiervan geeft fig. 21 een fraai voorbeeld.

Resumerend kan worden opgemerkt dat uit velerlei waarnemingen kwam vast te staan dat in verschillende Zeeuwse bodemtypen de waterbeweging naar de drains en eventueel naar sloten of andere watergangen ten dele plaatsvindt via de diepere ondergrond.

7. VERDAMPING UIT DE GROND EN DOOR HET GEWAS

Terwille van de overzichtelijkheid is bij de beschrijving van de verdampingswaarnemingen het materiaal gesplitst in gegevens betreffende de verdamping van onbegroeide gronden en cijfers betrekking hebbend op begroeide gronden.

a. Verdamping uit onbegroeide gronden

De berekeningen van de verdamping gedurende de zomermaanden waren gemakkelijker uit te voeren en leverden meer gegevens dan de overeenkomstige berekeningen voor de wintermaanden. De zomerwaarnemingen komen hieronder eerst aan de orde.

FIG. 21. Walcheren. Isohalinen in een profiel nabij de Coppoolse weg op 20-2-1946.

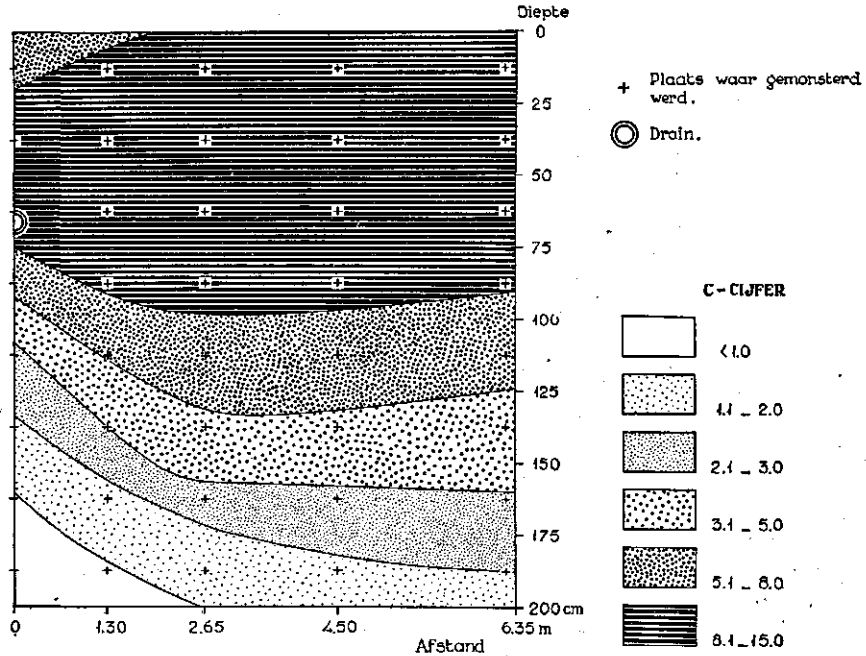


FIG. 21. Walcheren. Lines of equal salinity in a profile near the Coppoolse weg on 20-2-1946.

Op onbegroeide gronden zonder sterke capillaire opstijging werd de verdamping gedurende de zomer voornamelijk bepaald door de hoeveelheid neerslag tijdens en de verdeling van deze neerslag over de waarnemingsperiode. De indroging van de grond was, althans wanneer met lange perioden werd gewerkt een onbelangrijke post in de verdamping. Zolang nu de hoeveelheid neerslag niet al te groot werd en de regen tamelijk regelmatig was verdeeld, had ook de afvoer niet veel te betekenen. In dat geval compenseerden de indroging en de afvoer elkaar wel min of meer en was de verdamping ongeveer gelijk aan de hoeveelheid neerslag. Zo bedroeg de verdamping op de onbegroeide onbewerkte veldjes van de proefvelden op Walcheren in 1946 2,0 mm per dag, tegen een regenval van 1,9 mm (tabel 30). Dit gold, gelijk vermeld, alleen indien lange perioden en gronden zonder veel capillaire opstijging werden beschouwd.

Over kortere perioden berekend verstoorde een indroging van b.v. 30 mm de gelijkheid van regenval en verdamping wel. Omgekeerd kon een dergelijk vochtdeficit bij zware regenval ook in korte tijd vrijwel worden opgeheven, waardoor de verdamping dan bij de regenval achterbleef. Dit deed zich b.v. voor tussen eind Juli en eind Augustus 1946, toen op de onbegroeide veldjes van de proefvelden op Schouwen-Duiveland 4,2 mm regen per dag viel en de verdamping slechts 3,8 mm haalde. Trouwens gezien naar de absolute waarde was een verdamping van bijna 4 mm per dag toch al zeer hoog.

De waarnemingen waren onvoldoende om te kunnen berekenen, hoeveel regen een grond per dag kon verdampen zonder dat afvoer optrad. Soms bleef de verdamping bij een regenval van rond 2,5 mm per dag reeds ver bij de neerslag achter en trad ontzilt op, een andere keer werd gedurende lange tijd een gemiddelde dagelijkse regenval

van 4 mm genoteerd, zonder dat afvoeren optraden. De bergingsverandering in de grond kon niet de enige oorzaak zijn van deze verschillen in verdamping. Wel bleef in het algemeen de verdamping verder achter bij de regenval, naarmate deze laatste sterker was, hetgeen ook PENMAN en SCHOFIELD (1941) al hadden geconstateerd. Het achterblijven van de verdamping bij de regenval is volgens WESTERMANN (1922) voor onbegroeide gronden regel. De regenverdeling en de verdampingsomstandigheden tussen de buien zijn natuurlijk van grote invloed; wanneer de grond vrijwel permanent nat is, zelfs van veel meer invloed dan bodemkundige factoren (STEINBRÜCK, 1929; SCHOFIELD, 1947).

Hoge waarden voor de verdamping per dag kwamen ook voor op gronden met een zeer sterke capillaire opstijging. Deze getallen waren niet zo vreemd indien men bedenkt, dat volgens PENMAN en SCHOFIELD (men zie ook ARENS, 1949 en MISRA, 1949) de verdamping van een vochtige grond die van een vrij wateroppervlak kan evenaren. (De Driemaandelijke Berichten der Zuiderzeewerken geven voor een vrij wateroppervlak als normale gemiddelde dagverdamping over de maanden Juni, Juli en Augustus cijfers van 3,3 à 3,5 mm, terwijl de gemiddelde regenval over dat tijdvak slechts $\pm 2,3$ mm per dag bedraagt.)

Overigens moet er nogmaals op worden gewezen, dat dergelijke hoge waarden uitzonderingen waren. Men krijgt een dergelijke maximale verdamping slechts indien de capillaire aanvoer van water zo groot is, dat het verdampingsfront niet of nauwelijks beneden het maaiveld zakt. In deze richting wezen al de oude proeven van ESER (1884); deze stelling is nog eens duidelijk geformuleerd door GRADMANN (1929) en kortelings nog eens in een laboratoriumproef bewezen door PENMAN (1941). Inderdaad waren er onbegroeide plekken met een verdamping van 2,8 mm per dag bij een regenval van 1,6 mm, maar normaliter leverde de verdampde neerslag ongeveer 90 % van de totale verdamping. Deze lag dan tussen 1,5 en 2,0 mm daags, waarden die wel ongeveer kloppen met wat PENMAN en SCHOFIELD (1941) opgeven.

Indien wordt verondersteld dat gemiddeld de indroging gedurende de zomer niet meer is geweest dan een tien millimeter, laat zich uit de te Rothamsted verzamelde gegevens voor de maanden April tot en met September een verdamping berekenen van 1,4 mm daags, overeenkomende met ongeveer 75 % van de regenval. Dit zal wel als een minimumwaarde moeten worden beschouwd, omdat te velde de capillaire opstijging, althans voor Zeeuwse omstandigheden, meestal ook nog enigszins zal bijdragen tot de verdamping, hetgeen bij de hiervoor vermelde lysimeterproeven niet het geval kon zijn. Het andere uiterste vormt de verdamping van een vrij wateroppervlak. Voor deze verdamping geeft de Dienst der Zuiderzeewerken voor dezelfde periode een gemiddelde van omstreeks 2,8 mm per dag.

De verdamping van onbegroeide grond kon duidelijk worden verminderd door het herhaaldelijk losmaken van de bovenste grondlaag (men zie ook WESTERMANN, 1922). Niet dat door de groundbewerking een groot verschil in indroging werd teweeggebracht, maar wel werd de capillaire opstijging zodoende sterk belemmerd (en/of de waterpassage bevorderd), zodat uiteindelijk voor perioden met kans op waterafvoer en voor plekken met mogelijkheid voor capillaire opstijging duidelijke verschillen ontstonden (tabel 30).

De verdamping gedurende de wintermaanden was moeilijker te bepalen. In de eerste plaats werd het opzetten van een waterbalans nogal eens gestoord door het feit dat aan het berekenen van de neerwaartse waterpassage grotere bezwaren waren verbonden

dan aan de berekeningen van de capillaire opstijging. In de tweede plaats verhinderde het optreden van een naar omvang onbekende bovengrondse afvoer, ook in gevallen dat de neerwaartse waterpassage voldoende bekend was, de berekening van de verdamping.

Slechts in die gevallen waarin geen bovengrondse afvoer optrad en de berekening van de neerwaartse waterpassage toelaatbaar kon worden geacht, was het mogelijk enig inzicht te verkrijgen in de grootte van de verdamping gedurende de wintermaanden.

Voor zover de verkregen cijfers conclusies toelieten werd de indruk gewekt dat het al of niet begroeid zijn van de grond geen invloed had op de verdamping gedurende de wintermaanden. Voorts waren de gevonden waarden voor de verdamping redelijk goed in overeenstemming met de cijfers voor een vrij wateroppervlak bepaald door de Dienst der Zuiderzeewerken. De opgaven in de literatuur betreffende de verdamping in de winter ontlopen elkaar niet zo veel (tabel 80). De gegevens voor deze tabel werden ontleend aan ZUUR (1938) voor de Wieringermeer, aan MASCHHAUPT (1938) voor wat betreft Rothamsted, Groningen, Lea Bridge en de Bilt en aan het Driemaandelijks Be-

TABEL 80. Verdamping uit de grond en van een vrij wateroppervlak gedurende de wintermaanden.

Maand	Month	Verdamping uit de grond <i>Evaporation from the soil</i>			Verdamping van een vrij wateroppervlak <i>Evaporation from an open watersurface</i>		
		Wieringermeer	Rothamsted	Groningen	IJsselmeer	Lea Bridge	De Bilt
October		15	34		54	27	29
November		5	16		20	18	16
December		5	9		12	15	13
Januari		5	7	9	9	19	13
Februari		10	12	13	8	15	17
Maart		20	22	15	23	27	35
Totaal	Total	60	100		126	121	123

TABLE 80. *Evaporation from the soil and from an open watersurface during winter.*

richt betreffende de Zuiderzeewerken (no 29 van 1948) voor de verdamping van het IJsselmeer. Ook DEY (1945) en SCHUBACH (1952) vermelden cijfers, die tamelijk goed met de in de tabel genoemde overeenstemmen. De cijfers van het onderzoek van Maschhaupt zijn – zoals hij zelf ook vermeld – voor de maanden October, November en December niet betrouwbaar, omdat niet bekend is, hoeveel neerslag heeft gediend voor aanvulling van het vochtdeficit van de grond. Het voor Groningen opgegeven totaal voor het eerste kwartaal (37 mm) komt goed overeen met de in Rothamsted gevonden waarde (41 mm) en met het gemiddelde (35 mm) van de overigens weinig betrouwbare cijfers van HUDIG en WELT (1911). (Voor deze berekening zijn alleen de gegevens gebruikt van de tweede akker, die volgens HUDIG en WELT de beste cijfers leverde.)

De gegevens van Rothamsted moeten als behoorlijk betrouwbaar worden aangemerkt. De waarnemingsperiode omvat 50 jaar en het betreft onbebouwde grond waarvan gemiddeld het vochtgehalte per 1 October en per 1 April niet erg veel zal verschillen. Jaar voor jaar kunnen deze verschillen wel tamelijk groot zijn. De grond kan ruw geschat per 1 October zowel maximaal een 40 mm meer als ook ten hoogste een 20 mm minder vocht bevatten dan per 1 April. [MILLER (1905/1906) neemt voor deze zelfde

proeven aan dat in het algemeen in October nog neerslag in de grond wordt geborgen.] Bezie men figuur 7 in de publicatie van PENMAN en SCHOFIELD (1941), dan blijkt dat de verdamping in het winterhalfjaar schommelt tussen ruim 150 en ruim 50 mm. Hoewel PENMAN en SCHOFIELD dit ontkennen, zullen deze verschillen ten dele toch wel moeten worden teruggevoerd op veranderingen in het vochtgehalte van de grond tijdens de waarnemingsperiode.

Overigens zullen deze veranderingen inderdaad niet volledig verantwoordelijk zijn voor de variaties in de verdamping, want uit de publicatie van LATHAM (1909) blijkt dat hij ook voor de verdamping van een vrij wateroppervlak in de wintermaanden jaar voor jaar verschillen vindt. Ook in de cijfers betreffende de verdamping van een vrij wateroppervlak te de Bilt over de maanden October tot en met Maart en met betrekking tot de winters 1945 op 1946 tot en met 1949 op 1950 kwamen afwijkingen voor tot maximaal 15 % van het gemiddelde over deze jaren. Deze cijfers werden aan schrijver dezes verstrekt door het K.N.M.I. te de Bilt. Overigens mogen deze cijfers alleen in relatieve zin worden gebruikt; ze waren onwaarschijnlijk hoog.

Beschouwd over een heel jaar zal de verdamping van onbegroeide grond tamelijk variabel zijn en een verband vertonen met de gedurende de zomer gevallen neerslag. Immers in de zomer stijgt – binnen zekere grenzen – de verdamping naarmate de hoeveelheid regen toeneemt, terwijl in de winter de verdamping min of meer constant is, al zal in een droge winter wat meer verdampen dan in een natte.

b. Verdamping (van grond + gewas) uit begroeide gronden

Voor de verdamping gedurende de wintermaanden maakt het weinig of geen verschil of de grond al dan niet begroeid is. Ten aanzien van de verdamping over dit tijdvak kan dus worden verwezen naar hetgeen daarover in de vorige bladzijden is vermeld.

De verdamping van begroeide grond gedurende de zomer was gemiddeld hoger dan van kale grond. Voor een goed graangewas bedroeg in de jaren 1946 en 1947 over de groeiperiode het verschil met kale grond ongeveer 1 mm per dag. Overigens waren de verdampingscijfers van begroeide grond plek voor plek veel variabler dan van onbegroeide. Dit lag voor de hand. In beide gevallen kon de capillaire opstijging c.q. de afvoer variëren, maar de indroging – en dus ook de spreiding van de indroging – speelde alleen een rol op de begroeide gronden. Het gevolg van het samengaan van deze vrijwel onafhankelijke variatiemogelijkheden was, dat het gemiddelde over een zomer met een zodanige spreiding behept bleek te zijn, dat vergelijkingen tussen verschillende zomers maar nauwelijks geoorloofd waren. Alleen 1946 liep er definitief uit. Terwijl voor de overige jaren de verdamping over de gehele zomer genomen 2,0 à 2,1 mm per dag bedroeg (voor 1948 mogelijk iets meer) lagen de betrouwbaarste waarnemingen van 1946 in de buurt van 2,9 mm per dag.

Uit de waarnemingen van MASCHHAUPT (1938) kan via een kleine omweg wel worden berekend hoe groot gemiddeld de evapotranspiratie is over de maanden April tot en met September. MASCHHAUPT geeft als gemiddelde verdamping over een heel jaar ± 520 mm. Hiervan is ± 100 mm verdampt in de periode October tot en met Maart (dit getal is gebaseerd op de gegevens van Rothamsted). Er resteert dus 420 mm, overeenkomende met 2,3 mm per dag.

Een betere vergelijking was mogelijk tussen de groeiperiode der granen in de verschillende jaren. Het droge jaar 1947 kwam met 2,6 mm op de laagste plaats, 1946 en

1948 toonden cijfers van 2,9 en 2,8 mm daags. De resultaten van 1945 waren moeilijk vergelijkbaar, omdat de waarnemingsperiode wat te kort duurde en bovendien de gegevens geen betrouwbare berekening toelieten, maar waarschijnlijk zal 1945 ook waarden hebben gehad van 2,9 à 3,0 mm daags.

Terwijl de verdamping van kale grond nauw aansloot bij de regenval, was de evapotranspiratie niet zo sterk van den eerslag afhankelijk (men zie ook MASCHHAUPT, 1938). 1945, 1946 en 1948 hadden bij een regenval van 2,0 à 2,1 mm in de groeiperiode van het graan een verdamping van 2,8 à 2,9 mm daags, in 1947 haalde echter het gewas bij een regenval van slechts 1,3 mm toch een (trouwens nog enigszins te laag berekende) verdamping van 2,6 mm per dag, ten gevolge van een veel sterkere indroging van de grond. Tijdens korte perioden kon de verdamping in gunstige gevallen wel oplopen tot boven 4 mm per dag. In het algemeen sloten de gevonden cijfers aardig aan bij verdampingsmetingen van VON SEELHORST (1910, b), waarnemingen van BAUMANN (1937) en berekeningen van PASQUILL (1949). Een waardevolle steun vormde het rijke cijfermateriaal van FRECKMANN en BAUMANN (1937 en 1938), dat verscheidene gewassen omvatte. De door BASTISSE (1951) gepubliceerde waarden zijn nogal wat lager dan de hiervoor genoemde, vermoedelijk ten dele als gevolg van de afwijkende waarnemingsperiode.

Van verschillen in verdamping tussen diverse gewassen viel niets te merken, of het moest zijn dat de indruk werd verkregen dat jong grasland iets meer vocht gebruikt dan bouwlandgewassen (SEITSER, 1952). Boomgaarden zullen wel hogere verdampingscijfers vertonen (BUTIJN, 1952; SEITSER, 1952), maar deze waren in Zeeland niet in het onderzoek betrokken.

Zo werd in het algemeen ook weinig verband gezien tussen de opbrengst en het vochtverbruik (ook dit wordt bevestigd door FRECKMANN en BAUMANN) tenzij men bijvoorbeeld met een misoogst te maken had. Het leek er sterk op dat een gewas in een droge zomer al het vocht, dat gemakkelijk toegankelijk was, opgebruikte, zonder dat – binnen zekere grenzen – een goede of minder goede vochtvoorziening in de grootte van de oogst merkbaar werd. Het gemak waarmee de grond het gewas van water voorziet bepaalt volgens FRECKMANN en BAUMANN de grootte van de verdamping. Als men beweegt dat bovendien de correlatie verdamping-opbrengst door tal van factoren wordt beïnvloed, dan is het niet bevreemdend dat bij deze veldwaarnemingen slechts zelden duidelijk was waarom de verdamping in een bepaald geval hoog of laag uitviel. Zelfs het stijgend vochtgebruik van een gewas bij vergroting van het transpirerend oppervlak was vaak moeilijk te constateren, omdat de vochtvoorziening tijdens de groeiperiode maar zelden min of meer gelijk bleef.

In verband met het voorafgaande zal het duidelijk zijn dat men in de literatuur zeer hoge verdampingscijfers kan aantreffen voor gewassen die gedurende de gehele groeiperiode ruimschoots van water worden voorzien (ATANASIU, 1952).

In de Noordoostpolder vond KALISVAART (1951) tamelijk hoge cijfers voor het waterverbruik van geïnfilteerd grasland. Maar ook dit grasland wordt voortdurend ruim van water voorzien omdat anders – gezien het geringe vochthoudende vermogen van de betreffende gronden – spoedig droogteschade op kan treden.

Ten slotte nog enkele opmerkingen over de herkomst van het verdampte water. In natte zomers werd ongeveer 20 % van de evapotranspiratie geleverd door indroging van de bovenste 80 cm van de grond. In droge zomers kan dit aandeel stijgen tot ruim

40 % (1947). De capillaire aanvoer vanuit de ondergrond leverde 10 à 15 %. In natte zomers is het aandeel van de capillaire opstijging wellicht iets groter geweest, omdat dan soms afvoer van regenwater naar de ondergrond optrad, waardoor voor het capillair transport een te lage waarde werd gevonden. De regen leverde in natte zomers 70 à 75 % (in 1946 met een natte nazomer zelfs 80 à 85 %) van de totale verdamping. In de droge zomer van 1947 echter slechts 45 à 55 %. In natte zomers zal het werkelijke aandeel van de regen wel iets kleiner zijn geweest, om dezelfde reden waarom de werkelijke capillaire opstijging groter zal zijn geweest.

8. BETEKENIS VAN HET VERRICHTTE ONDERZOEK VOOR DE KENNIS VAN DE VOCHTHUISHOUDING VAN NIET-GEÏNUNDEERDE GRONDEN

Bij elk natuurwetenschappelijk onderzoek dient men zich af te vragen welke de fouten zijn van de gebruikte meetmethodiek en of de meettechniek geen invloed uitoefent op het onderzochte object zelve. Aan deze vragen is ook bij het beschreven onderzoek ruimschoots aandacht besteed en de conclusies zijn getrokken met inachtneming van de over de betrouwbaarheid van de resultaten verkregen gegevens.

Bij toepassing van de conclusies op normale gronden dient men echter nog wel te bedenken dat alle waarnemingen werden verricht in een van het normale afwijkend – want zout – milieu.

Een vergelijkende literatuurstudie (o.a. van het zeer recente werk van ASLYNG en KRISTENSEN, 1953) leerde evenwel dat de in Zeeland verkregen gegevens goed overeenstemden met waarnemingen verricht onder normale omstandigheden. Het lijkt daarom geoorloofd en gewenst om de betekenis van de bereikte resultaten hier beknopt te leveren.

Een deel van de hieronder gememoreerde conclusies had ook kunnen worden getrokken uit waarnemingen op niet geïnundeerde gronden. Toch zijn ook deze gevolgtrekkingen vermeld, omdat de waarde ervan vaak pas kon worden beoordeeld dank zij de studie van de bewegingen van het zout.

In de eerste plaats kwam aan het licht dat de waterbeweging in de grond uitermate variabel en vaak onverwacht gecompliceerd was, in de tweede plaats werden uitvoerige gegevens verkregen over de totale omvang van verschillende grootheden met betrekking tot het vochtrégime van de grond.

Onder Nederlandse omstandigheden overheerst – gezien over een heel jaar – in de grond de neerwaartse waterpassage, afgezien van de regen die onmiddellijk na het vallen of na een kort verblijf in de bovengrond verdampt. Gedurende de wintermaanden is de neerwaartse waterbeweging de enig voorkomende, zij het dat de grootte ervan sterk kan variëren al naar gelang de intensiteit van de winterneerslag. Maar zelfs in de zomer overtreft de neerwaartse waterpassage de opwaartse, althans in onbegroeide gronden en gedurende natte zomers ook in begroeide gronden.

Gemiddeld zal in Zeeland, over een geheel jaar gerekend, uit begroeide gronden een 200 mm tot wegzakking komen. Deze hoeveelheid kan echter jaar voor jaar sterk variëren – ten gevolge van schommelingen in de jaarlijkse hoeveelheid neerslag – alsook plek voor plek. In de eerste plaats zakt uit hooggelegen gronden 's zomers water weg naar plaatsen met een lager phreatisch vlak. Eerstgenoemde verliezen ook boven de grondwaterspiegel nog water, doordat de capillaire zone met de dalende grondwaterstand meezakt.

Ook voor één perceel geldt dat dit bedrag slechts een gemiddelde is. De regen die op de grond valt komt niet altijd ter plaatse tot wegzakking. Op verslechte gronden – en die zijn er, althans in Zeeland, ook buiten het inundatiegebied verscheidene – stroomt het regenwater gedeeltelijk bovengronds naar kleine depressies in het bodemoppervlak en dringt daar in de grond. (Op geïnundeerde gronden kan zelfs bovengronds watertransport over grote afstanden voorkomen, met als gevolg rechtstreekse afvoer naar drainsleuven of sloten.) In zomer en herfst dringt een groot deel van de neerslag niet gelijkmatig, doch via scheuren de grond binnen. Een dergelijke op korte afstand variërende indringingsintensiteit van de regen moet ook bijdragen tot de door velen geconstateerde onregelmatige verdeling van meststoffen door de grond.

Maar zelfs indien de regen niet over de grond wordt verplaatst, maar onmiddellijk in de grond dringt, dan is wegzakking ter plaatse, dus een verticale wegzakking, nog lang niet zeker. In goed doorlatende gronden is de waterbeweging inderdaad – althans ongeveer tot draindiepte – nagenoeg verticaal, afgezien van uitzonderingen als de omgeving van drains, greppels en sloten. De genoemde uitzonderingen daargelaten, passeert in dergelijke gronden b.v. op 80 cm diepte overal evenveel water. Anders is het evenwel in gronden met een ondoorlatende ondergrond. In een dergelijk geval buigen de stroombanen reeds boven 80 cm af en wordt de in de grond gedrongen neerslag over de ondoorlatende laag in zijwaartse richting verplaatst; overigens kan de waterbeweging op zichzelf over het hele perceel genomen zeer gelijkmatig zijn. Het kwam evenwel ook voor dat men de indruk kreeg dat het water op één perceel soms over een kort traject zijwaarts werd verplaatst, alvorens verticaal weg te zakken.

Tot nu toe was aan de orde, de wijze waarop de regen in de grond drong en door de bovenste lagen wegzakte maar ook het verdere transport naar sloot of watergang was in het onderzoek betrokken. Hiertoe werden grondwaterstanden gemeten, draindebieten berekend en zoutgehalten van het drainwater bepaald.

Na de winter daalden de grondwaterstanden – de daling ving aan tussen half Februari en begin April – behoudens kleine onderbrekingen, tot diep in de zomer of tot in de herfst. De daling kon variëren van minder dan 1 tot meer dan 2 meter. De stijging begon meestal in October maar werd soms eerst in December van belang. De samenhang tussen regenval en grondwaterstanden was duidelijk, behalve voor sterk verslechte gronden, waar het regenwater lang op de grond bleef staan, alvorens weg te zakken. Ook het verband tussen grondwaterstanden en drainafvoeren was veelal scherp, uitgezonderd soms in de aanvang van de winter. De totale drainafvoer bleef, althans voor de onderzochte profielen, beneden de berekende waterpassage, hetgeen wees op afvoer van water buiten de drains om; deze ondergrondse afvoer liep sterk uiteen naar gelang de aard van de diepere ondergrond. Dat er water buiten de drains om werd afgevoerd, bleek ook uit de daling gedurende de winter van de grondwaterstanden tot beneden draindiepte, uit het zoutgehalte van het afgevoerde drainwater en uit het verloop der isohalinen in de diepere ondergrond.

Figuur 22 geeft een geschematiseerd voorbeeld van de waterhuishouding van een geïnundeerde Zeeuwse kreekruggrond in een normale winter; een beeld dat, afgezien van de bovengrondse afvoer, ook geldt voor niet geïnundeerde grond. Aangenomen is dat aan de winter een normale zomer voorafging en dat de grond een graangewas heeft gedragen.

Niet alleen de waarnemingen betreffende neerwaartse waterbewegingen waren een beschouwing waard, ook de gegevens over capillaire opstijging leverden belangwekkende gezichtspunten.

FIG. 22. Schematisch beeld van de waterhuishouding van een jonge Zeeuwse grond over de periode 1 October tot 1 Maart van een normale winter.

FIG. 23. Schematisch beeld van de waterhuishouding van een met graan begroeide jonge Zeeuwse grond in de periode tussen begin April en begin Augustus.

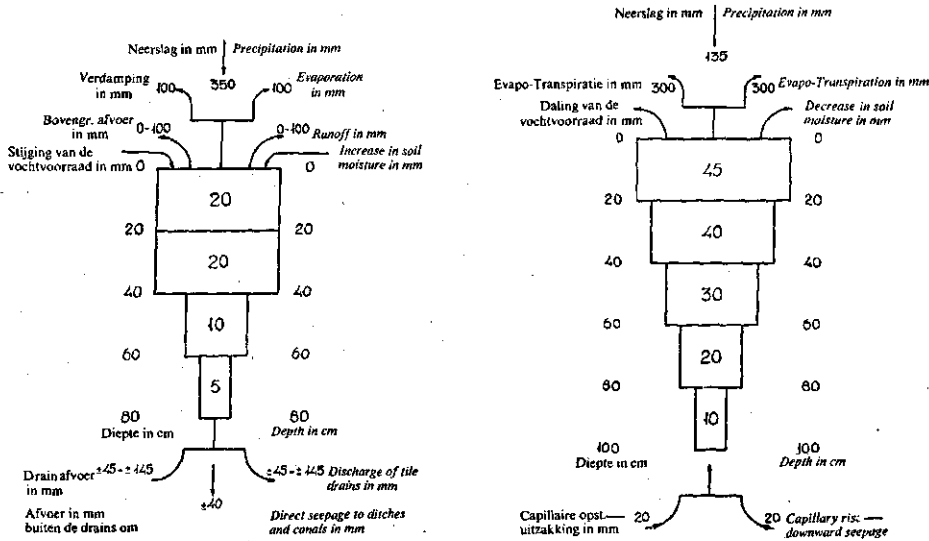


FIG. 22. Diagram of the water-relationships in a young sea-clay soil during a normal winter (October 1-March 1).

FIG. 23. Diagram of the water-relationships in a young sea-clay soil under small grains during the growing season (early April to early August).

Capillaire opstijging van beneden 80 cm trad vrijwel altijd op en was, ondanks de grote verschillen in zomerregenval, gemiddeld jaar voor jaar niet erg verschillend. Dit betekent niet dat de capillaire opstijging zeer eenvormig zou zijn. In de eerste plaats waren soms zelfs voor één plek de verschillen jaar voor jaar belangrijk. Bovendien was de capillaire opstijging voor de diverse profieltypen in eenzelfde jaar veelal zeer uiteenlopend. Bedroeg de capillaire aanvoer voor een prima ontwaterde jonge zavelgrond zelden meer dan enkele tientallen millimeters, voor een laaggelegen gemoerde poelgrond kon deze aanvoer door het vlak op 80 cm diepte tot ver boven de 100 mm stijgen, doordat de grondwaterstand door kwel voor sterke daling werd behoed, waardoor ook de capillaire opstijging gedurende de gehele zomer bleef voortduren.

De grote schommelingen jaar voor jaar en plek voor plek werden veroorzaakt door verschillen in aard, mate en tempo van de wateronttrekking aan de grond door de planten, door variaties in capillaire stijgsnelheid bij verschillende vochtgehalten en grondwaterstanden en door verschillen in capillaire stijghoogte bij uiteenlopende grondwaterstanden (blz. 165 e.v.).

Ook binnen de bemonsterde laag van 80 cm dikte kwam capillaire opstijging voor. Een deel van de regen drong, onder medeneming van slechts weinig zout, enkele decimeters de grond in om vervolgens gedeeltelijk weer op te stijgen naar het oppervlak van de grond en daar een verdere verzilting te veroorzaken.

Evenals de neerwaartse waterbeweging vertoonde ook de capillaire opstijging microvariatiës, b.v. onder invloed van scheuren in de grond.

Tenslotte zijn de vochtgehalten van de grond op zichzelf nog het vermelden waard. Het vochtverlies van onbegroeide grond was gering, ook in droge zomers en kon, evenals de capillaire opstijging nog verder worden verminderd door een herhaaldelijk toegepaste oppervlakkige grondbewerking.

Deze indroging van onbegroeide grond trad reeds vroeg in het voorjaar op en kwam spoedig tot een einde. De indroging van begroeide grond was groter en ging langer door, zij het dat in natte zomers de herbevochtiging soms al weer aanving kort na of zelfs even vóór de oogst. Deze herbevochtiging geschiedde niet erg regelmatig en de herfstregens drongen reeds in de ondergrond door voordat in de bovengrond het vochtdeficit geheel was aangevuld.

In droge zomers kon de grond vaak 150 mm of meer indrogen, tegen soms niet meer dan 50 mm in een natte zomer. Plek voor plek liep de indroging nogal uiteen. Intensiteit en diepte van de wortelontwikkeling waren hierop van invloed, als ook de grootte van de capillaire opstijging en van het voorjaarsvochtgehalte. Bovendien waren er verschillen tussen gewassen met een lange en die met een korte groeiperiode.

Ook de vochtgehalten van de grond konden sterk variëren op korte afstand; in de bovengrond als gevolg van een ongelijkmatige afdroging – veroorzaakt door ongelijke ligging van het oppervlak van de grond of sterke indroging langs scheuren –; in de ondergrond voornamelijk ten gevolge van de uiteenlopende wateronttrekking op korte afstand door de plantenwortels. Ook de variaties in de granulaire samenstelling van de grond konden verschillen in vochtgehalte veroorzaken. Tenslotte dient nog te worden vermeld dat het waterhoudend vermogen van de eerste laag onder de bouwvoor geringer bleek te zijn dan van de onder- en bovenliggende laag.

Dank zij de zout- en vochtbepalingen was het mogelijk een beeld te ontwerpen van de vochtthuishouding van begroeide en onbegroeide grond in de zomer. Figuur 23 geeft een dergelijk beeld voor een jonge, goed ontwaterde en met een graangewas begroeide grond in een droge zomer. Er zij vermeld dat in een natte zomer de waterhuishouding ingewikkelder kan zijn doordat dan ook nog regenpassage kan optreden.

Fig. 23 – en dat is dan nog een uitzonderlijk gunstig geval – toont reeds aan dat het niet altijd geoorloofd is verdampingen te berekenen louter op basis van vochtbepalingen. Zo laat zich de „watersparende werking” van een herhaaldelijk toegepaste oppervlakkige bewerking beslist niet berekenen uit vochtbepalingen. Uit de cijfers van BUTJN (1950) kan b.v. wel worden geconcludeerd dat de strobedekking watersparend heeft gewerkt, maar niet hoe groot de verkregen winst is geweest.

Zowel in fig. 22 en fig. 23 als in de voorgaande alinea kwam ook de verdamping ter sprake. Deze kon voor de zomermaanden veelal gemakkelijk worden berekend uit regenval + indroging + capillaire opstijging. In de wintermaanden werkte de veelvuldig optredende bovengrondse afvoer vaak storend. Toch moge hier onder alle voorbehoud in tabel 81 een schatting worden gegeven van de verdamping bij een voor Zeeland gemiddelde regenval.

De slotconclusie moge luiden dat uit het voorgaande wel is gebleken, dat zoute gronden unieke mogelijkheden bieden ter verruiming van het inzicht in de waterhuishouding van Nederlandse gronden. De vraag is zelfs gewettigd of het geen aanbeveling

TABEL 81. Waterbalans van een jonge, goed ontwaterde, met een graangewas begroeide, Zeeuwse zavelgrond in een normaal jaar.

Periode	1e kwartaal	2e kwartaal	3e kwartaal	4e kwartaal	Period
Neerslag	144	147	204	214	<i>Precipitation</i>
Indroging	10	90	-40	-60	<i>Loss of moisture</i>
Cap. opstijging	-	30	-	-	<i>Capillary rise</i>
Afvoer	115	-	-	95	<i>Downward waterpassage</i>
Verdamping	±40	±265	±165	±60	<i>Evapo-transpiration</i>

TABLE 81. *Moisture balance in a young, well drained light seaclay soil, cropped with small grains, during a normal year.*

verdient – gezien de kortstondigheid van de ziltigheid van overstroomde gronden onder Nederlandse omstandigheden – over te gaan tot de aanleg van met opzet geïnundeerde zoute proefvelden.

SUMMARY

ON SALT- AND MOISTURE CONDITIONS IN SOILS INUNDATED WITH SEAWATER

In 1944 and 1945 large areas in the S.W. of the Netherlands were inundated with seawater for military purposes. After the removal of the flooding water extensive investigations were carried out to study the salt content of the soil. These investigations not only served agricultural practice, but were also used for studying salt- and moisture movements in the flooded soils.

I. ON SAMPLING, METHODS OF ANALYSIS, SYMBOLS AND ERRORS

Sampling was carried out with different types of samplers. Each sample was composed of 16 separate borings. Often two or more samples were taken on the same spot.

Cl-content of the soil was determined by titration after Mohr. Figures found were calculated as NaCl on dry matter basis (B-figures). Besides the moisture content of the soil was determined (A-figure) and used to calculate the concentration of NaCl in the soil solution (C-figure). In samples taken only for practical purposes this concentration was determined potentiometrically. The results of these two methods agreed quite well, especially at low levels. At high concentrations values obtained titrimetrically were somewhat lower than those determined potentiometrically (fig. 1).

Errors in determining A- and B-figures proved to be mainly caused by insufficient mixing of the original borings. The mean errors of A-, B- and C-figures, as calculated from duplicate analyses, are mentioned in table 2.

Salt- and moisture figures opened the opportunity to calculate the downward passage of water through the soil. For this purpose the loss of salt from a column of soil was divided by the concentration of the solution leaving the bottom of the column. This concentration was not measured directly, but was taken equal to the mean C-figure of the lowest part of the column during the period of observation. The use of this method is limited by some conditions viz: Not too short columns, no flow from the column in lateral direction and only a slight fall in the C-figure of the lowest part of the column.

Capillary rise was calculated in a similar way (See the article of the author in Transactions of the Int. Congr. of Soil Science, Vol. III, p. 165-169, 1950).

Sampling must be carried out quickly. In dry weather the cores suffered a notable loss of moisture during sampling (table 3). The technique of sampling as well as the type of samplers hardly influenced the results obtained (table 4).

A general difficulty in sampling was caused by soilborne variations on short distances in the A-, B- and C-figures. Variations in A-figures were due to two different causes viz: Irregularities in soil texture (table 9) and unequal loss of moisture. This unequal loss of moisture was caused by slight undulations of the soil surface (table 10), by crack formation (table 11) and by irregular uptake of water by plant roots (table 12).

The B-figures were also influenced by irregularities in soil texture. Variations in B- and C-figures caused by irregularities were slight however, compared, with the effect of water movement. Detailed measurements revealed a rather irregular distribution of chloride through the soil. Irregularities of this kind were due to unequal penetration of the seawater (table 13), movement of water to tile drains (table 15), runoff to shallow depressions (table 16 and fig. 3) and large cracks influencing percolation and capillary movement (table 20).

Often the growth of crops gave a good indication about the variations in C-figures on small distances.

II. ON SALT- AND MOISTURE CONDITIONS IN INUNDATED SOILS DURING SUMMER

The loss of water from the soil during summer was studied by moisture determinations. Capillary rise of water from the subsoil to the rooted zone was calculated from salt measurements. Together with the rainfall these two figures rendered sufficient data to calculate the sum of transpiration and evaporation. Furthermore attention was given to the increase in salt concentration in the upper layers. This salt concentration is the main factor determining plant growth in saline soils. In some cases loss of water during summer is not only due to evaporation and transpiration but for a small part also to a downward movement of soil moisture initially present.

In the upper 80 cm of bare soil only a slight loss of water occurs (fig. 6, table 26, table 28). Even in 1947 - a very dry summer - this loss scarcely surpassed 40 mm. This low figure was still diminished

by repeated hoeing (table 22, table 28). During a dry period the loss of water from a bare soil rapidly came to an end; moreover it was mainly limited to the upper 20 cm.

The loss of water from cropped soils is related to the amount and the distribution of the rainfall. In normal summers this loss averaged 80 mm (table 26, fig. 9, table 35, table 77). In dry summers figures twice as high may be found (table 35, fig. 10, table 77). It must be stated, that in saline soils root development may be seriously hampered by the salinity of the subsoil. In most cases this restricted root development did not substantially influence the loss of water from the soil.

Capillary rise of salt water from below 80 cm was a common feature (table 24), but its magnitude varied greatly (table 78). Generally its determination was complicated by downward water movement occurring during the period of observation.

Especially in uncropped soils the downward waterpassage in summer sometimes exceeded capillary rise. Moreover the latter might be decreased by repeated hoeing (table 22, fig. 8).

During summer the useful effect of percolating rainwater upon desalinization was much less than in winter (table 43). So the removal of salt in the upper 10 or 20 cm was generally exceeded by the accumulation caused by capillary rise (table 32). Salinization however was restricted to periods in which the soil was sufficiently moist to enable capillary transport (table 26, table 29, table 31).

Calculated for a whole summerperiod evaporation of bare soils nearly equalled precipitation. During dry periods evaporation exceeded rainfall, but in wet periods it lagged behind. The evaporated part of the rainfall amounted mostly to 90 % of the total evaporation (table 30). Soils with a notable capillary rise however might possess higher values for evaporation in which the share of the rainfall was lower. Shallow tillage hampered evaporation from bare soils (table 30, table 36).

Evapotranspiration during the growing season of crops was rather variable, but averaged for small grains from 2,6 to 3,0 mm/24 hrs. Calculated for the entire summer – the stubble period included – the evapotranspiration averaged 2,0 to 2,1 mm/24 hrs.

Comparison of different summers showed that on cropped soils the variations in evapotranspiration were less than those in precipitation. In a dry summer a relatively high portion of the total evapotranspiration was rendered by the soil, whereas a small portion was delivered by rainfall. In a wet summer the reverse was true. In a rather wet summer precipitation furnished 70 to 75 %, sometimes even 85 % of total evapotranspiration; in a dry summer this part decreased to 45 to 55 % (table 34, table 38).

Special attention was given to the increase in C-figures in the furrow slice, which is important for the germination of crops sown. In dry years the saltconcentration in the upper 10 cm increased to the tenfold of its spring value. In normal years it mounted to three times the original value (table 76).

III. ON SALT- AND MOISTURE CONDITIONS IN INUNDATED SOILS DURING WINTER

First of all the winter observations were intended to investigate the rapidity of desalinization of the soil, especially of the topsoil. Examined were the penetration of the rainfall into the soil, the percolation through the soil and the discharge of water by tile drains. From these data the mutual ratios between these three items were calculated. Finally some supplementary observations were made, among other things about the relations between rainfall and groundwater levels.

During winter the C-figures were always diminishing (table 50, table 52, table 67, table 68), though in a very dry winter this decrease was restricted to the topsoil. In a wet winter desalinization of the furrow slice in permeable and well-drained soils was high enough to enable sowing with rather salt-tolerant crops in the next spring (fig. 17, appendix 1, table 74). Penetration of the rainwater in the soil was often hampered by a collapse of topsoil structure. Desalinization was furthermore sometimes impeded by impermeable layers in the profile or by an upward flow of groundwater (table 59, table 68, table 75). Correlation between C-figures of the layer 5–20 cm (important for sowing) and those of the layer 20–40 cm was generally rather narrow (fig. 11, table 51).

Just above the tile drains (in the filled-up trench) the washing out of the salt often notably differed from desalinization between tile drains (table 54, fig. 15, table 62, table 72).

In the subsoil the decrease in C-figures was progressing more slowly and might be followed during several years (fig. 20).

Moisture content of the soil increased after summer. In bare soils or after a preceding wet period in late summer the rise in moisture content of the soil might be as low as 40 mm or less (table 49,

table 57). After a dry summer however 100 to 150 sometimes even 200 mm of the precipitation were required to reach field capacity (table 63, table 64, table 66).

Precipitation during the months of October up to March inclusive averages 350 mm. The mean evaporation during this period may be estimated at 100 mm, whereas the increase of moisture content of the profile will be about 90 mm. According to these data an average percolation of ± 160 mm may be expected in normal winters. This percolation may also be calculated from the measurement of salt movement, but this method generally rendered lower values. The main reason for this discrepancy was the decline of structure in the topsoil, causing a low permeability and runoff (table 57, table 63). In such cases water passage might be increased by application of structure improving substances (e.g. gypsum) (table 58). Moreover in a dry winter (1948/1949) the greater part of the precipitation was consumed by evaporation and by replenishment of soil moisture (table 70). Besides in such a dry winter calculations of waterpassage from salt data might be slightly influenced by upward diffusion of salt. In profiles with an impermeable layer at some depth (1 m or less) lateral flow might occur in periods with high groundwater tables. Under such circumstances calculation of waterpassage from salt movement is not allowed. If still the conventional method was used, too low figures for the waterpassage were obtained (table 49).

About evaporation in winter few reliable data could be collected. Calculation of this item is restricted to cases in which runoff is absent and in which calculation of waterpassage from salt data is allowed. Figures found were in accordance with those given in literature.

The watertables generally quickly followed rainfall (fig. 14), except in the cases that the furrow slice had become very impermeable. Frost had a temporary positive effect on permeability of those collapsed topsoils, so that during a short time after thawing a normal relation between rainfall and watertable was found. In general frost caused a strong fall of the watertables. During thawing sometimes clogging of the porous material around the test wells occurred. Apart from this complication the watertables behaved rather uniformly (fig. 13, fig. 16).

In the profiles investigated total discharge of water from tile drains was always less than the downward movement of water calculated, except if notable runoff occurred (table 57, table 63, table 70). This runoff water generally reached the filled-up trench above the tile drains and moved downward there. Relation between groundwater level and tile drain discharge was narrow (fig. 18) except when the water tables had risen unusually high. C-figures of the outflow from the tile drains were often closely connected with the quantity of the water discharged (table 55, fig. 18). These salt concentrations were good indications for the origin of the outflowing water. During one winter the fall in salt concentration of the outflow was slight, but over a period of four years this fall was notable (table 79).

Though there appeared to be many restrictions to the usefulness of the methods described, they may be able to render interesting information on water movement in saline soils with the help of simple analyses of salt content.

USED SYMBOLS

- A Number of grams of water per 100 grams of dry matter in the soil.
- B Number of grams of NaCl per 100 grams of dry matter in the soil.
- C $(= \frac{1000 B}{A})$; number of grams of NaCl per litre soil moisture (parts per thousand).
- W_N Number of grams of water per cm^3 in a soil layer with a thickness of N cm.
- Z_N Number of grams of NaCl per cm^3 in a soil layer with a thickness of N cm.

RÉSUMÉ

LA MIGRATION DU SEL ET LE RÉGIME HYDRIQUE DANS LES SOLS INONDÉS À L'EAU DE MER

Pendant les dernières années de la guerre mondiale les armées allemandes ont tendu des inondations à l'eau de mer dans quelques provinces maritimes des Pays-Bas. L'évacuation des eaux de submersion s'opéra généralement en automne 1944 et au cours de l'été de 1945, sauf dans l'île de Walcheren mise à sec en 1946. Les travaux de remise en état de culture, entrepris dès l'armistice ont nécessité l'analyse chimique de ces terres récupérées, dans le but d'examiner la teneur en sel. On a basé sur ces chiffres primordiales les directives précises aux agriculteurs sinistrés pour la remise en culture de leurs terres. Au point de vue scientifique ces données ont permis l'étude approfondie des mouvements de l'eau et du sel dans ces sols inondés.

I. PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS, MÉTHODES D'ANALYSES, COEFFICIENTS UTILISÉS, PRÉCISIONS DE MESURE, ÉCARTS ET ERREURS

Le prélèvement des échantillons a été effectué avec différents types de sondes-tarières. Tout échantillon moyen résultait du mélange de 16 sondages. En général deux ou trois échantillons moyens ont été prélevés au même endroit.

La salure (la teneur en chlore) a été déterminée à l'aide de la méthode titrimétrique de Mohr. Les résultats ont été exprimés en Cl Na pour cent grammes de sol brut séché à 105° (le coefficient B). La teneur en eau (le coefficient A) a été déterminée et a permis de calculer la concentration en Cl Na de la solution du sol (le coefficient C). La méthode potentiométrique a été également utilisée à cause de sa grande rapidité, en particulier pour conseiller les agriculteurs en rapport avec l'ensemencement. Les résultats des deux méthodes sont suffisamment analogues, surtout en cas de concentrations faibles. Aux concentrations élevées, les valeurs obtenues par la méthode titrimétrique étaient un peu plus basses que celles déterminées d'après la méthode potentiométrique (fig. 1).

Des erreurs importantes pouvaient provenir d'une homogénéisation insatisfaisante de la terre humide. Le tableau 2 indique les erreurs moyennes sur A, B et C calculées d'après des analyses de contrôle.

Les teneurs en sel permettaient de calculer les mouvements per descensum et per ascensum de l'eau dans le sol. Dans ce but la perte de sel d'une colonne de sol pendant une période d'observation était divisée par la concentration de la solution qui s'écoulait au bas de la colonne. Ce taux de concentration, utilisé comme diviseur, n'était pas mesuré directement, mais on prenait la moyenne de la valeur du coefficient C de la couche la plus basse de la colonne. L'application de ce calcul de percolation est limitée par quelques conditions essentielles à savoir: une hauteur suffisante de la colonne de terre considérée et l'absence de circulations latérales. En outre il faut que la teneur en sel de la solution du sol, s'écoulant de la colonne, ne baisse pas fortement.

Les remontées capillaires se calculaient d'une manière analogue. Une ample description (en anglais) de cette méthode de calcul se trouve dans les Transactions of the Intern. Congr. of Soil Science, Vol. III, p. 165-169, 1950.

Le prélèvement des échantillons devait être effectué rapidement. Surtout en période sèche, les carottes de terre présentaient pendant les prélèvements une perte d'eau sensible par dessiccation (tableau 4). Les diverses techniques d'échantillonnage ni les différents types de sondes n'influençaient les résultats des prélèvements (tableau 4).

Il se présentait une difficulté générale quant à la prise des échantillons suffisamment caractéristiques, parce qu'il s'avérait que les variations des coefficients A, B et C étaient assez fortes mêmes aux surfaces réduites. Les variations du coefficient A étaient partiellement dues aux diversités dans la texture des sols dans une même parcelle si petite qu'elle fût (tableau 9); partiellement à une dessiccation irrégulière. Cette dernière était causée par des légères ondulations de la surface du sol (tableau 10), par la fissuration (tableau 11) et par le prélèvement irrégulier de l'eau par les racines de plantes (tableau 12).

Les variations du coefficient B sont aussi légèrement influencées par les irrégularités de la texture du sol, mais elles sont essentiellement causées par les mouvements de l'eau à distances réduites. Les analyses révélaient une répartition irrégulière de chlorures dans le sol, due à une pénétration de l'eau de mer jusqu'à une profondeur variable (tableau 13); au mouvements de l'eau vers les drains en poterie ou des tranchées à ciel ouvert (tableau 15); au ruissellement superficiel de l'eau vers des petites dé-

pressions (tableau 16, fig. 3); aux grandes crevasses qui modifient la percolation de même que les mouvements capillaires (tableau 50).

Dans beaucoup de cas, la croissance des récoltes donnait une indication satisfaisante des variations de la valeur C à courte distance.

II. LA MIGRATION DU SEL ET LE RÉGIME HYDRIQUE ESTIVALS DES SOLS INONDÉS

La dessiccation des sols sans ou avec végétation a été étudiée par des déterminations de la teneur en eau. La remontée de l'eau salée du sous-sol par voie de capillarité vers la zone d'enracinement a été calculée d'après les taux de salinité. Sur ces deux facteurs, combinés avec la chute totale de pluie, se basaient les calculs de l'évaporation du sol et de l'évapo-transpiration des végétaux. L'accroissement de la salure des couches supérieures a retenu l'attention spéciale dans un but pratique.

La dessiccation des terres nues jusqu'à une profondeur de 80 cm s'est révélée insignifiante (fig. 6, tableau 26, tableau 28). Même pendant l'été de 1947, extrêmement sec au Pays-Bas où le climat maritime régit, cette dessiccation ne s'élevait guère au-dessus de 40 mm. Les façons superficielles répétées avaient encore l'effet de réduire légèrement l'évaporation d'un sol nu (tableau 22, tableau 28). La dessiccation d'un sol en jachère se manifestait assez rapide au cours des périodes de sécheresse, se limitant essentiellement aux couches supérieures.

Le degré de dessiccation des terres cultivées est fonction de la quantité et de la répartition de la précipitation. Pendant les étés normales la perte en eau montait à la moyenne de 80 mm (tableau 26, fig. 9, tableau 35, tableau 77). Cette quantité se doublait pendant des étés très secs (tableau 35, fig. 10, tableau 77). D'autre part dans nombre de cas la perte en eau du sol était partiellement occasionnée par le cheminement de l'eau gravitation. Enfin il faut se rendre compte du fait que dans les sols fortement salés l'alimentation en l'eau des plantes se cantonnait essentiellement dans les couches supérieures du sol; la toxicité des horizons plus profonds y entravant la pénétration des racines.

La remontée par voie de capillarité des eaux salines provenant du sous-sol profond (> 80 cm) se révélait en Zélande assez normale (tableau 24), mais très irrégulière quant aux quantités d'eau remontées (tableau 78). Le mesurage de ce transport capillaire était en outre parfois entravé par un cheminement de gravitation à partir de la colonne considérée vers les couches sous-jacentes et par l'infiltration des eaux de surface pendant des pluies fortes.

Surtout dans les sols nus en maints cas les mouvements per descensum l'emportaient en été sur la remontée en surface, celle-ci contrecarrée par l'application de façons superficielles (tableau 22, fig. 8).

En été l'effet utile d'eau de pluie percolante à travers le sol sur le lessivage du sel était beaucoup plus moins qu'en hiver (tableau 43). C'est pour cela que généralement le dessalage dans les couches supérieures (jusque 10 ou 20 cm) était excédé par l'accroissement de la salure causé par la remontée capillaire (tableau 32). Du reste l'augmentation du taux de sel était restreinte aux périodes pendant lesquelles l'humidité du sol suffisait pour permettre le transport capillaire (tableau 26, tableau 29, tableau 31).

L'évaporation d'une terre en jachère se prouvait à peu près égale à la précipitation à moins que la période d'observation ne fût trop réduite. En outre il fallait exclure les pluviosités minimales et excessives. Dans le premier cas l'évaporation l'emporte tandis que les grosses averses ont pour conséquence de la surclasser. Dans la plupart des cas l'évaporation de la pluie fournissait 90 % de l'évaporation totale (tableau 30). Les sols à forte montée capillaire donnaient naissance à des coefficients d'évaporation élevés par suite desquels la quantité d'eau de pluie évaporée subissait une baisse relative.

Les façons superficielles avaient pour effet d'entraver l'évaporation des sols sans couverture végétale (tableau 30, tableau 36).

La transpiration des végétaux – y compris l'évaporation du sol lui-même – variait passablement. Une moyenne de 2,6 à 3 mm par jour a été déterminée. Calculée pour l'ensemble d'une époque estivale – y compris la période après la moisson des céréales – la transpiration était environ de 2 à 2,1 mm par jour.

Il s'avérait au cours de quelques années que cette moyenne subissait moins de fluctuations que les quantités de précipitation des mêmes périodes estivales en question, puisque les étés arides le sol lui-même fournissait davantage. Les étés pluvieux les précipitations figuraient pour les 70 à 75 % dans le total d'évaporation. Les étés à faible pluviosité ce pourcentage s'est réduit jusque 45 à 55 (tableau 34, tableau 38).

La montée des coefficients C des horizons superficiels a retenu l'attention spéciale, étant importante aussi bien pour l'ensemencement, que pour la germination et pour la levée des cultures.

En année sèche la salure dans la couche 0-10 cm augmentait, produisant des valeurs décuplées par rapport aux coefficients enregistrés dans cette couche au printemps. En année normale il faut durant l'été toujours s'attendre à des triples valeurs du coefficient de la salinité primitive de printemps (tableau 76).

III. LA MIGRATION DU SEL ET LE RÉGIME HYDRIQUE HIVERNAUX DES SOLS INONDÉS

Les observations hivernales visaient à étudier en premier lieu la vitesse et l'intensité du dessalage des terres en question, surtout la diminution de la salure des couches superficielles. En outre on a examiné les pourcentages de la précipitation hivernale totale s'insinuant dans les sols, les quantités utiles et actives de ces précipitations descendant en profondeur vers le sous-sol et enfin les quantités d'eau percolée s'écoulant par les rangées de drains. De plus on a envisagé les fluctuations du niveau de la nappe phréatique en rapport avec les chutes de pluie.

Durant l'hiver sous les conditions climatologiques des Pays-Bas, les valeurs du coefficient C subissaient une forte baisse (tableau 50, tableau 52, tableau 67, tableau 68). Or les hivers à faible pluviosité ne produisaient qu'une diminution de la salure dans les horizons supérieurs. Il a paru qu'en hiver humide le dessalage de ces couches superficielles des parcelles bien drainées et d'une perméabilité satisfaisante s'opérait tellement rapide qu'on osait conseiller en toute sécurité les emblavements à base de cultures pas trop sensibles au salant (fig. 17, appendix 1, tableau 74). Il convient de porter l'attention sur les conséquences néfastes du glaçage des sols, entravant l'infiltration des eaux de pluie et l'entraînement en profondeur du sel. Il en est de même pour les sols où une couche imperméable à faible profondeur empêchait un dessalage rapide. La forte poussée des eaux souterraines - phénomène assez fréquent dans les bas-fonds de cuvettes plafonnant au-dessous du niveau moyen de la mer, modifiant le régime hydrique normal par le mouvement ascensionnel - figure aussi parmi des agents contrecarrant le transport des solutions salines vers le bas. La corrélation entre les coefficients C de la couche de 5 à 20 cm de profondeur - prépondérante au point de vue d'ensemencement - et ceux des horizons situés de 20-40 cm se manifestait assez nettement (fig. 11, tableau 51).

Le degré de dessalage dans les tranchées, comblées autrefois après la pose des tuyaux de drainage, différait considérablement de celui du même sol à côté (tableau 54, fig. 15, tableau 62, tableau 72).

La diminution de la salure dans les couches inférieures se réalisait assez lentement. Généralement les phénomènes du dessalage s'y manifestaient encore assez distinctement durant quelques années ultérieures.

Le taux d'humidité du sol augmentait généralement au cours de l'automne quoique, sous les conditions de terres dépourvues de couverture végétale et de pluies d'été abondantes, la montée ne s'élevât qu'à quelques dizaines de mm de pluie (tableau 49, tableau 57). La compensation nécessaire de combler après un été sec le stock d'eau déficitaire est de l'ordre de 100 à 150 mm, dans les cas extrêmes s'élevant jusqu'à 200 mm (tableau 63, tableau 64, tableau 66).

Dans la période semestrielle des hivers normaux on peut s'attendre à la quantité d'eau infiltrée per descensum équivalente à 160 mm de précipitation. Quantité conditionnée par l'action des trois facteurs suivants: la pluviosité moyenne de l'ordre de 350 mm, l'évaporation évaluée à 100 mm et l'accroissement du degré de l'humidité du sol, équivalent à 90 mm. Or cette quantité de percolation calculée n'était que rarement atteinte. En maints cas le cheminement en bas de l'eau s'opérait assez lentement dû à la perméabilité défectueuse de la couche arable (tableau 57, tableau 63). L'amélioration de la structure (p.e. par des amendements de gypse) favorisait la pénétration des eaux de pluie dans le sol (tableau 58). Pour les hivers pluvieux les calculs - au moins en ce qui concerne certains types de sols - n'étaient point valables, fournissant des valeurs trop réduites, occasionnées par les migrations latérales qui se produisaient au-dessus de la limite inférieure de la colonne de terre envisagée. Les hivers secs facilitaient l'évaporation tandis que le comblement du stock d'eau exigeait davantage (tableau 70). En outre ces hivers non pluvieux il fallait se rendre compte du fait que les données de base pour les calculs pouvaient être légèrement faussées par suite de la diffusion remontante du sel.

Il se trouvait assez difficile de recueillir des données sûres quant à l'évaporation. On ne peut la calculer qu'à condition qu'il ne se produise aucun ruissellement superficiel. De plus il faut que le calcul de la quantité d'eau infiltrée en profondeur soit admissible. En tant que les observations permettaient d'en déduire quelques valeurs, celles-ci correspondaient assez bien avec les valeurs de coefficient démontrées par la littérature consultée.

Le comportement de la nappe phréatique était normal. Généralement les niveaux de la nappe réagissaient rapidement et distinctement aux chutes de pluie notées (fig. 14), excepté au cas que la couche arable était devenue imperméable. Ces parcelles à structure défavorable regagnaient une meilleure réaction de la nappe aux précipitations après que les gelées avaient agi sur l'entièreté de la couche arable. Or cette amélioration n'était que passagère.

D'autre part la gelée avait pour conséquence une forte baisse du niveau de la nappe phréatique. Les tubes piézométriques étaient tapissés de bandes de jute afin d'éviter le bourrage. Durant le dégel ce revêtement protecteur lui-même se rendait inactif. Excepté ces obstructions le comportement des nappes en question se trouvait assez uniforme (fig. 13, fig. 16).

On a constaté que le débit total des rangées de drains des types de sols examinés était toujours inférieur à la quantité infiltrée en profondeur selon les calculs, à moins qu'il ne se produisît le ruissellement superficiel en direction des tranchées rebouchées, autrefois creusées pour poser les tuyaux (tableau 57, tableau 63, tableau 70). Normalement le rapport entre le niveau de la nappe phréatique et le débit des drains était sensiblement étroite (fig. 18), pourvu que la nappe phréatique ne fût pas trop élevée. Il y avait parfois un rapport assez étroit entre les degrés de salinité et les quantités des eaux sortant des rangées de drains (tableau 55, fig. 18). Le salinité de ces eaux en signalaient assez bien la provenance. La diminution du taux de salinité de l'eau véhiculée par les rangées de drains se prouvait être assez réduite envisagée sous l'aspect momentané. Pourtant calculée sur l'ensemble de quatre saisons hivernales, elle ne manqua pas d'intérêt (tableau 79).

De toutes ces observations, analyses et calculs on peut – semble-t-il – tirer la conclusion suivante. En dépit de multiples limitations, amplement démontrées, les dosages de la chlorure, d'exécution facile, permettent d'obtenir des données intéressantes quant au régime hydrique des sols salins.

COEFFICIENTS UTILISÉS

- A Nombre de grammes d'eau par rapport à 100 grammes de terre desséchée.
- B Nombre de grammes de Cl Na par rapport à 100 grammes de terre desséchée.
- C $= \frac{1000 B}{A}$; concentration de la solution du sol en chlorure de sodium, en grammes par litre.
- W_N Nombre de grammes d'eau contenus par un horizon de N cm d'épaisseur, calculé à la base de 1 cm².
- Z_N Nombre de grammes de Cl Na contenus par un horizon de N cm d'épaisseur, calculé à la base de 1 cm².

LITERATUUR

- ARENS, P. L.
ASLYNG, H. C. &
K. J. KRISTENSEN
ATANASIU, N.
- 1949 Het drogen van klei. *Meded. no. 10 Keramisch Instituut T.N.O.*
1953 Investigations on the water balance in Danish agriculture. Royal Vet. and Agr. Coll. Copenhagen. Yearbook, 48-90.
1948 Ein Beitrag zum Studium des Wasserverbrauchs unserer Kulturpflanzen. *Ztschr. f. Pflanzenern. D. u. Bodenk.* **42** (87), 103-123.
1952 Die Wasserversorgung unserer Kulturpflanzen in Abhängigkeit von Klima und Boden. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der U.S. Zone*. Band 5, no. 32, 9-13.
- BAKKER, D.
- 1950 De inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de landbouw. Deel V: De flora en fauna van Walcheren en andere inundatiegebieden tijdens en na de inundatie. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **56**, 17.
- BASTISSE, E. M.
- 1951 Dix-huit années d'études lysimétriques appliquées à l'agronomie. *Ann. de l'Inst. Nat. de la Rech. Agron. Serie A, 2^{ème} année*, 732-740.
- BAUMANN, H.
- 1937 Arbeitsweise und Verwendung wägbarer Lysimeter zur Bestimmung der Verdunstung vom bewachsenen Erdboden. *Deutsche Wasserwirtschaft* **32**, 181-186.
1938 Der Boden als Wasserlieferant für die Pflanze. Der Forschungsdienst, Sonderheft 11, 74-82.
1949a Die konstitutionelle Anpassung der Kulturpflanzen an die Wasserversorgung. *Ztschr. f. Pflanzenern. D. u. Bodenk.* **46**, 176-190.
1949b Ent- und Bewässerung, pflanzenphysiologisch gesehen. *Die Deutsche Landwirtschaft* **3**, 168-170.
1949c Wasserversorgung und Ertragsbildung. *Ztschr. Acker- u. Pflanzenbau* **93**, 497-513.
- BAVER, L. D.
BERG, C. VAN DEN
- 1946 Soil Physics.
1950 De inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de landbouw. Deel VI: De reactie van landbouwgewassen op het zoutgehalte van de bodem. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **56**, 16.
1952 De invloed van opgenomen zouten op de groei en productie van landbouwgewassen op zoute gronden. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **58**, 5.
- & B. VERHOEVEN
- 1947 De structuur van gronden die met zout water zijn geïnundeerd en het gebruik van gips. *Maandbl. Landbouwvoorlichtingsd.* **4**, 429-436.
- BLOHM, G.
- 1926 Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Wasserführung des Bodens. *Kühn Archiv* **12**, 324-422.
- BOCKSCH, F.
- 1929 Systematische Untersuchung des Einflusses der angebauten Pflanzenarten und der Bodenbearbeitung auf den Wassergehalt und die Temperatur des Bodens des Versuchsfeldes beim Institut für Acker- und Pflanzenbau in Dahlem und deren Beziehungen zu den meteorologischen Daten der dortigen Wetterwarte. *Landwirtsch. Forschungen, Reihe 2, Heft 30*, 1-96.
- BOGUSLAVSKI, E. VON
- 1939 Die Wasserverhältnisse des Bodens in ihren Beziehungen zum Pflanzenertrage. Verhandl. der 4^{ten} Kommission der intern. bodenkundl. Gesellschaft, Stockholm. 29.
- BRAAK, C.
- 1941 Grondtemperaturen te Groningen. Gemiddelde cijfers voor vier grondsoorten op verschillende diepte. *Versl. Landbouwk. Onderz.* no. 47 (9)A.
- BUCKINGHAM, E.
- 1907 Studies on the movement of soil moisture. *U.S. Dep. Agr. Bur. Soils Bull.* **38**.
- BUTYN, J.
- 1950 Bodembedekkers sparen vocht. *De Fruitteelt* **40**, 24-26.
1952 Over de waterhuishouding van de bodem in boomgaarden. Gestencild verslag van een lezing.

- BUWALDA, K. 1951 Iets over het grondonderzoek in 1950 op de Zeeuwse eilanden. *Zeeuws Landbouwbld.* 17-2-1951 en 10-3-1951.
- CHANDNANI, J. J. 1947 Study of the movement of water and salts in soils at the agricultural research station Sakrand. I en II. *Indian Journ. Agric. Research* 17, 175-179 en 181-185.
- CHRISTIANSEN, J. E. 1944 Effect of entrapped air upon the permeability of soils. *Soil Sci.* 58, 355-367.
- CLINE, M. G. 1944 Principles of soil sampling. *Soil Sci.* 58, 275-289.
- CONRAD, J. P. & F. J. VEIHMAYER 1929 Root development and soil moisture, *Hilgardia* 4, 113-134.
- DEHERAIN, P. P. 1897 Recherches sur les eaux de drainage des terres nues et des terres cultivées. *Ann. Agron.* 23, 241-267.
- DEMORTIER, G. & G. DROEVEN 1950 Mouvements des précipitations aqueuses dans trois profils de sols limoneux après une période sèche. *Bull. Inst. Agron. Gembloux* 28, 53-68.
- DEY, L. J. L. 1945 De verdamping van het bodemwater in Nederland. *Hemel en Dampkring* 43, 81-93.
- DONAT, J. 1937 Das Gefüge des Bodens und dessen Kennzeichnung. *Transact. 6th Commission Intern. Soc. Soil Science*, 423-440.
- DORSMAN, C. & M. WATTEL 1951 De inundaties gedurende 1944-1945 en hun gevolgen voor de landbouw. Deel VII: Zoutschade bij tuinbouwgewassen. *Versl. Landbouwk. Onderz.* 57, 8.
- DRIEMAANDELIJKS BERICHT betreffende de Zuiderzeewerken XXIX, 73, 1948.
- DULEY, F. L. & C. E. DOMINGO 1943 Effect of water temperature on rate of infiltration. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 8, 129-131.
- EDLEFSEN, N. E. & A. B. C. ANDERSON 1943 Thermodynamics of soil moisture. *Hilgardia* 15, 31-298.
- & G. B. BODMAN 1941 Field measurements of water movement through a silt loam soil. *J. Amer. Soc. Agron.* 33, 713-731.
- ERIKSSON, S. 1941 Über die Einwirkung des Frostes auf die Struktur der Lehm- und Tonböden. *Ann. Landw. Hochschule Schwedens* 9, 80-116.
- ESER, C. 1884 Untersuchungen über den Einfluss der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens auf dessen Verdunstungsvermögen. *Forsch. a. d. Gebiete der Agrikulturphysik* 7, 1-124.
- FAUSER, O. 1935 Transactions of the third Intern. Congr. of Soil Science, 3.
- FECKES, W. 1936 De ontwikkeling van de natuurlijke vegetatie in den Wieringermeerpolder, de eerste groote droogmakerij van de Zuiderzee.
- FRECKMANN, W. & H. BAUMANN 1937 Zu den Grundfragen des Wasserhaushalts im Boden und seiner Erforschung I. *Ztschr. Bodenk. u. Pflanzenern.* 2, 127-166.
- 1938 Zu den Grundfragen des Wasserhaushalts im Boden und seiner Erforschung II. *Ztschr. Bodenk. u. Pflanzenern.* 7, 129-161.
- GARDNER, R. 1945 Some effects of freezing and thawing on the aggregation and permeability of dispersed soils. *Soil Sci.* 60, 437-443.
- GLIEMEROTH, G. 1951 Beziehungen zwischen Struktur und Wasserhaltung auf Lehm- und Lössböden und ihre Bewertung bei der Bearbeitung. *Ztschr. f. Acker- und Pflanzenbau* 93, 319.
- 1952 Wasserhaushalt des Bodens in Abhängigkeit von der Wurzel- ausbildung einiger Kulturpflanzen. *Ztschr. f. Acker- und Pflanzenbau* 95, 21-47.
- GOEDEWAAGEN, M. A. J. 1942 Het wortelstelsel der landbouwgewassen.
- GRADMANN, H. 1929 Untersuchungen über die Wasserverhältnisse des Bodens als Grundlage des Pflanzenwachstums. *Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik* 71, 670-782.
- GRILLOT, G. & G. BRYSSINE 1947 Contribution à l'étude de l'humidité des sols du Maroc. *C. R. Conf. Pédol. Méditerran.* 420-433.

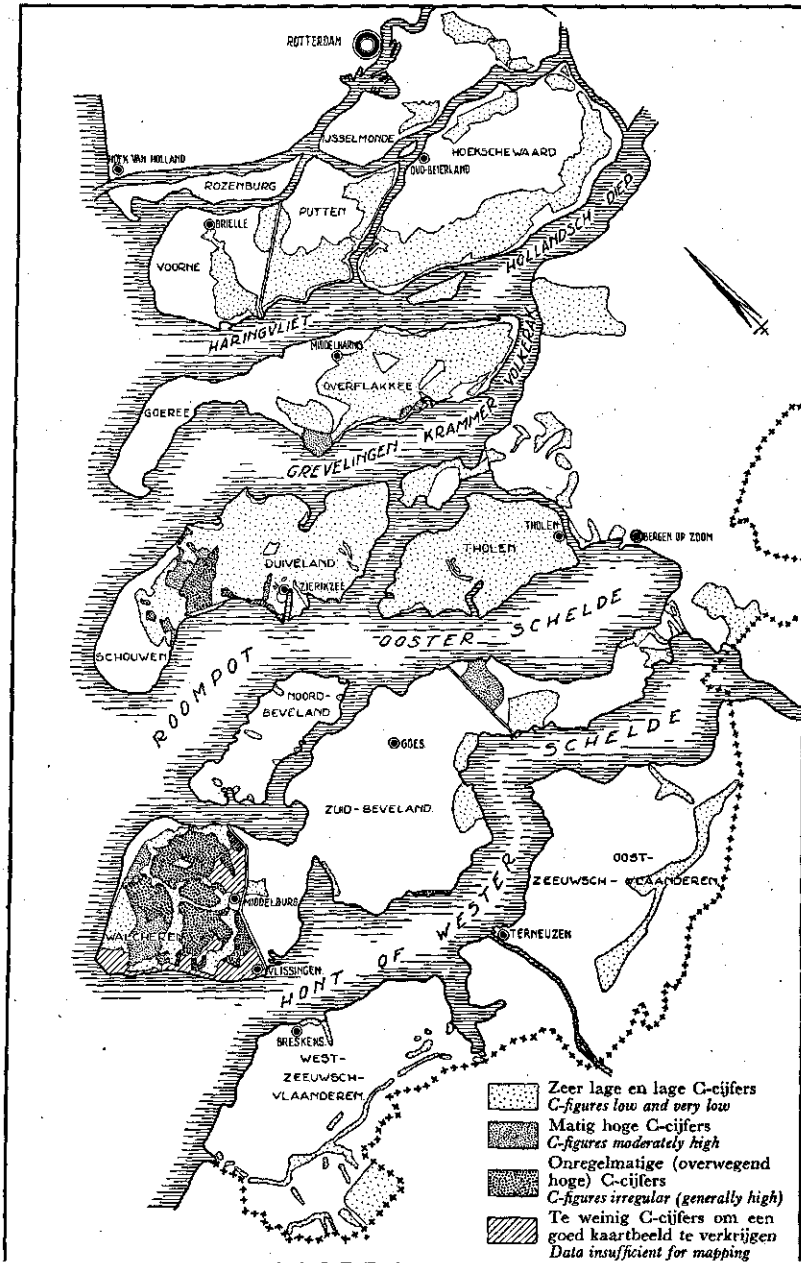
- GURR, C. G., T. J. MARSHALL & J. K. HUTTON 1952 Movement of water in soil due to a temperature gradient. *Soil Sci.*, **74**, 335-347.
- GUSTAFSSON, Y. 1940 The influence of temperature on the permeability of soils to water. *Ann. of the Agricultural College of Sweden* **8**, 425-456.
- HAANS, J. C. F. M. 1951 Kletgronden. *Boor en Spade* **IV**, 21-24.
- HARMSSEN, G. W. 1940 The influence of the method of sampling on the accuracy of the determination of bacterial numbers in the soil. *Antonie van Leeuwenhoek* **6**, 178-200.
- HARRIS, F. S. & J. S. ROBINSON 1916 Factors affecting the evaporation of moisture from soil. *Journ. Agric. Res.* **7**, 439-461.
- & H. W. TURPIN 1917 Movement and distribution of moisture in the soil. *J. Agric. Res.* **10**, 113-155.
- HEININGEN, J. VAN 1945 De uitwerking van een snelle methode om het chloorgehalte van grondmonsters te bepalen. Lab. der N.V. De Bataafse Petroleum Maatschappij, Amsterdam.
- HESELINK, E. & J. HUDIG 1925 De invloed van eene bodembedekking bij stuifzand op den groei der dennen. *Meded. Bosbouwproefst.* **II** 2.
- HISSINK, D. J. 1907 Het zoutgehalte van de op 12 Maart 1906 ondergelopen Zeeuwse polders. Dep. v. Landbouw.
- 1922 Een en ander naar aanleiding van een bezoek aan den Anna Paulownapolder in Maart 1922. *Alg. Nederl. Landb. Weekbl.* April.
- HOFSTEE, J. & H. J. TIMMER 1953 Analysemethoden voor grond, gewas, water en bodemvocht. Uitg. Dir. Wieringermeer (N.O.P.) afd. Onderzoek.
- HOOGHOUDT, S. B. 1935 Mededeeling over grondwaterstand- en debietmetingen op een gedraineerd perceel zwaren zeekleigrond te Nieuwolda; met een uiteenzetting van het doel, waarvoor deze bepalingen moeten dienen. Uitg. Bodemk. Instituut, Gron.
- HUDIG, J. & H. WELT 1911 Het drainageproefveld te Uithuizermeeden in de jaren 1900-1910. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **9**, 123-244.
- JAKOBSEN, J. M., C. P. LYSGAARD & K. HØJENDAHL 1950 Investigations with tensiometers, holes for determining groundwatertable and soil samples in the experimental field. Yearbook Royal Veterinary and Agricultural college 1950, 124-141, Copenhagen.
- KALISVAART, C. 1951 La consommation d'eau d'une région sableuse dans le polder Nord-Est du Zuiderzee (Pays-Bas), irrigée au moyen d'adduction souterraine. Actes du IV^{ème} Congrès Int. de Génie Rural, 155-163.
- KELLEY, W. P. 1937 The reclamation of alkali soils. *Calif. Agr. Exp. Sta. Bull.* **617**.
- KOLIASEV, F. E. & M. K. MELNIKOVA 1949 A contribution to the theory of the differential moisture of the soil. *Pochvovedenie* 147-156. Ref. in *Soils and Fertilizers* **XII**, 4.
- KOORNNEEF, H. 1945 De bodemgesteldheid van Niervaart, Zwaluwen en Omstreken. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **51** (11 A).
- KOPECKY, J. 1914 Die physikalischen Eigenschaften des Bodens. *Intern. Mitt. Bodenk.* **4**, 138-198.
- KRAMER, P. J. 1949 Plant and soil water relationships.
- KUIPERS, S. F. 1948 De bodemkartering op Tholen en Schouwen-Duiveland. *Boor en Spade* **II**, 46-49.
- LANDBOUWKUNDIG ONDERZOEK in 1949-1952 ten behoeve van de herverkaveling Walcheren, 1952.
- LATHAM, B. 1909 Percolation, evaporation and condensation. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* **35**, 189-213.
- LEBEDEFF, A. F. 1927 The movement of ground and soil waters. Proc. and papers 1st Intern. Congress of Soil Science. Part II, 504-511.
- LEVEN, J. A. VAN 'T 1951 Het onderzoek van de Commissie Waterbeheersing en Verzilting in de jaren 1950 en 1951.
- MASCHHAUPT, J. G. 1938 Lysimeteronderzoekingen aan het Rijkslandbouwproefstation te Groningen en elders. *Versl. Landbouwk. Onderz.* **44** (1) A.

- MASCHHAUPT, J. G. 1948 Lysimeteronderzoekingen te Groningen III, *Versl. Landbouwk. Onderz.* 55, 6.
- MILLER, N. H. J. 1905/1906 The amount and composition of the drainage through unmanured and uncropped land, Barnfield, Rothamsted. *J. Agric. Sci.* 1, 377-400.
- MISRA, R. K. 1949 Some preliminary studies on evaporation, transpiration and evapo-transpiration. *Cent. Bd. Irrig.* 6, 442-448. Ref. in *Soils and Fert.* XIII, no. 5, 1950.
- MITSCHERLICH, E. R. & H. BEUTELSPACHER 1938 Untersuchungen über den Wasserverbrauch verschiedener Kulturpflanzen und den Wasserhaushalt des natürlich gelagerten Bodens. *Ztschr. Bodenk. u. Pflanzenern.* 9/10 (54, 55), 337-395.
- MOLEN, W. H. VAN DER MOORE, R. E. 1939 Mondelinge mededeling. Water conduction from shallow watertables. *Hilgardia* 12, 383-426.
- MORANI, V. 1948 Le arature nel dilavamento dei terreni salsi. *Annali della sperimentazione agraria* II, 167-173.
- MUSHGRAVE, G. W. & G. R. FREE 1936 Some factors which modify the rate and total amount of infiltration of field soils. *J. Amer. Soc. Agron.* 28, 727-739.
- NEAL, O. R., L. A. RICHARDS & M. B. RUSSEL 1937 Observations on moisture conditions in lysimeters. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* II, 35-44.
- NÖMMIK, A. 1940 Der Einfluss des Bodenfrostes auf die Bewegung des Bodenwassers. *Ztschr. Bodenk. u. Pflanzenern.* Bnd 66/67, 215-229.
- PASQUILL, F. 1949 Some estimates of the amount and diurnal variation of evaporation from a clayland pasture in fair spring weather. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* 75, 239-249.
- PENMAN, H. L. 1941 Laboratory experiments on evaporation from fallow soil. *J. Agric. Sci.* 31, 454-466.
- 1949 The dependence of transpiration on weather and soil conditions. *J. Soil Sci.* Vol. 1, no. 1, 74-90.
- & R. K. SCHOFIELD 1941 Drainage and evaporation from fallow soil at Rothamsted. *J. Agric. Sci.* 31, 74-110.
- PEAFF, C. 1938 Sickerwasser-Verhältnisse in Lysimetern bei Zwischenfrucht-bau. Der Forschungsdienst, Sonderheft 7, 60-66.
- PHILIPSSON, T. 1951 The determination of chloride and chlorate in vegetative material and in soils. *Kgl. Lantbr. Högsk. ann.* 18, 74-86.
- POST, F. H. & F. R. DREIBELBIS 1942 Some influences of frost penetration and microclimate on the water relationships of woodland, pasture and cultivated soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.* 7, 95-105.
- RAPPORT inzake het onderzoek en de ervaringen in de Kruininger-, Nieuw Olzende- en St. Pieterspolder na de inundaties in 1939 en 1940. Uitg. Dir. Wiermeer (N.O.P.) afd. Onderzoek, 1945.
- REED, J. F. & J. A. RIGNEY 1947 Soil sampling from fields of uniform and non-uniform appearance and soil types. *J. Amer. Soc. Agron.* 39, 26-41.
- REEVE, R. C., L. E. ALLISON & D. F. PETERSON 1948 Reclamation of saline alkali soils bij leaching. Utah agricultural exp. station, *Bulletin* 335.
- RHODES, J. & E. E. SKILLMAN 1949 Irrigation of agricultural crops. *Sci. Hort.* 9, 137-142.
- ROSEAU, H. 1947 Sur la circulation de l'eau dans le sol (observations en cases lysimétriques). C. R. Conf. Pédol. Méditerr., 389-404.
- SCHOFIELD, R. K. 1947 The measurement of evaporation. C. R. Conf. Pédol. Méditerr. 85-86.
- & H. L. PENMAN 1949 The principles governing transpiration by vegetation. Inst Civ. Engrs. Proc. Conf. Biol. Civ. Engin. 75-84, 1948-1949. Ref. in *Soils and Fert.* XII 4, 1949.
- SCHUBACH, K. 1952 Verdunstungs- und Wasserhaushaltsuntersuchungen an verschiedenen Böden. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der U.S. Zone*, Band 5, no. 35, 189-193.
- SCHUFFELEN, A. C., J. HUDIG & B. W. G. WITTEWAAL 1944/1945 Scheikundige verschillen in den bouwvoor in horizontale richting en op korten afstand. *Landbouwk. Tijdschrift* 56/57, 457-465.

- SCOFIELD, C. S. & C. W. COULSEN 1928 The waterrelations of Yakima Valley soil. *J. Agric. Res.* 37, 65-85.
- SEELHORST, C. VON 1910 Ueber den Einfluss der Beschattung auf die Wasserverdunstung des Bodens. *Journal für Landwirtschaft* 58, 221-228.
- 1910a Der Wasserverbrauch von Wiese und Weide. *Journal für Landwirtschaft* 58, 83-88.
- SEITSER, J. 1952 Bodenpflege durch Bodenbedeckung, wirtschaftliche Klimameliorationen und andere Fragen des praktischen Obstbaues. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der U.S. Zone*, Band 5, no. 32, 42-43.
- SHAVRIGIN, P. J. 1951 The water-salt regime of irrigated soils in conditions of a shallow water table. *Pochvovedenie*, 497-508. Ref. in *Soils and Fert.* XV, no. 1, 1952.
- SIEBEN, W. H. & G. VELDMAN 1949 Resultaten van een onderzoek naar de schade aan de drainage in Z.W.-Nederland veroorzaakt door de in 1944 met zout water uitgevoerde inundaties.
- SLATER, C. S. & H. HOPP 1949 The action of frost on the waterstability of soils. *J. Agric. Res.* 78, 341-346.
- SMEDING, S. 1921 De overstroming van den Anna Paulownapolder in Januari 1916 en haar gevolgen voor den landbouw. *Versl. en Meded. Dir. v. d. Landbouw* 1, 52-139.
- SOUBIES, L., R. GADET & P. MAURY 1952 Migration hivernale de l'azote nitrique dans un sol limoneux de la région Toulousaine. *Ann. Agr.* III, 365-385.
- STEINBRÜCK, A. 1929 Untersuchungen über die Beziehung zwischen der Bodenlockerung und der Wasserverdunstung des Bodens. *Bot. Archiv*, 23, 238-265.
- STOLP, D. W. 1945 Onderzoek en voorlichting in het geïnundeerde gedeelte van Noord Zeeland en Overflakkee in 1944. Mededeling no. 1 van de Rijkslandbouwconsulent voor Noord Zeeland, alsmede Goeree en Overflakkee.
- TALATI, R. P. 1947 Field experiments on reclamation of salt lands in Baramati of Bombay Deccan. *Indian J. Agric. Sci.* 17, 153-180.
- TAMM, E. 1949 Bodentemperaturen unter verschiedenen Pflanzenbeständen. *Ztschr. Pflanzenern. D. u. Bodenk.* 47, (92), 29-34.
- TRENEL, M. 1950 Zur gutachtlichen Beurteilung der Grundwasserabsenkung auf den Ernteertrag im Lös. *Ztschr. f. Pflanzenern. D. u. Bodenk.* 49 (94), 224.
- UHLIG, S. 1950 Die Untersuchungen des Bodenwasserhaushalts durch den deutschen Wetterdienst in der U.S. Zone. *Meteor. Rundschau* 3, 158-162.
- UVEN, M. J. VAN 1946 Mathematical treatment of the results of agricultural and other experiments.
- VARALLYAYA, G. & O. KAPP 1949 The drying of soils in 1947. *Agrártudomány* 1, 39-45. Ref. in *Soils and Fert.* XIV, no. 1, 1952.
- VEIHMEYER, F. J. 1927 Some factors affecting the irrigation requirements of deciduous orchards. *Hilgardia* 2, 125-284.
- & A. H. HENDRICKSON 1936 Essentials of irrigation and cultivation of orchards. *Calif. Agr. Col. Ext. Service Circ.* 50.
- VELDMAN, G. 1948 Over de landbouwkundige waarde van lichte mariene gronden.
- VERHOEVEN, B. 1945 Het effect van de herfstregens op het zoutgehalte van de bouwvoor. *Zeeuws Landbouwbl.* 34, no. 1788.
- 1946 Over het zoutgehalte van het inundatiewater in Zuid-West-Nederland. *Maandbl. Landbouwvoorlichtingsd.* 3, 147-149.
- 1949/1950 Återvinning av översvåmmade åkerområden i Nederländerna met särskild hänsyn till jordens avsaltning. *Grundförbättring* 3, 114-125.
- 1950 Het wisselen op korte afstand van het chloorgehalte in geïnundeerde gronden. *Landbouwk. Tijdschr.* 62, 368-373.
- 1950a Soil moisture studies in view of salt movement control. *Transact. of the Intern. Congr. of Soil Sc.*, Vol. III, 165-169.

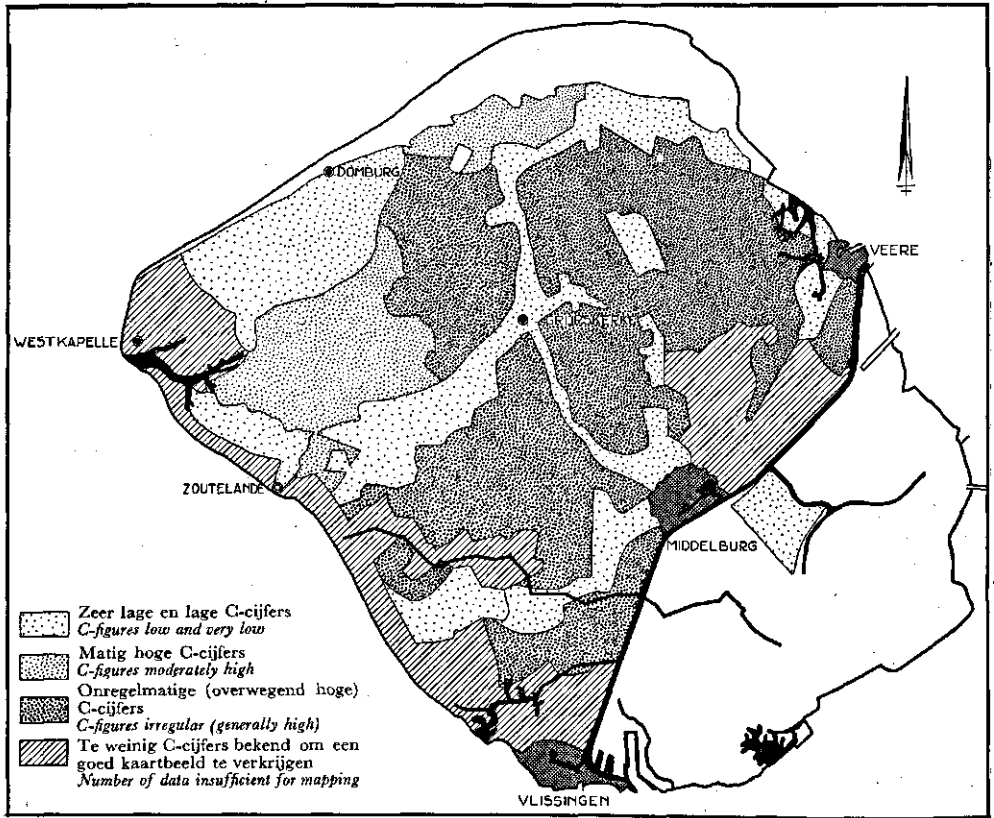
- VOORDRACHTEN over zoute gronden. 1946. Uitg. Dir. van de Wieringermeer (N.O.P.) afd. Onderzoek.
- VRIES, O. DE & F. J. A. DECHERING 1948 Grondonderzoek. Uitg. Bedrijfslab. v. Grondonderz., Groningen.
- WADLEIGH, C. H., H. G. GAUCH & D. G. STRONG 1947 Root penetration and moisture extraction in saline soil by crop plants. *Soil Sci.* 63, 341-349.
- WEL, R. A. VAN 1947 Een proef met het verbeteren van door zout kwelwater verzilte gronden. *Tijdschrift Ned. Heidemij.* 58, 36-37.
- WESTERHOF, J. J. 1947 Overzicht van uitvoering en verloop van de zout- en brakwaterinundaties (gestencild rapport Rijksdienst voor Landbouwherstel, Wetensch. Afd.).
- WESTERMANN, T. 1922 Recherches sur l'évaporation de terres nues et cultivées. Royal Vet. and Agr. Coll. Copenhagen. Yearbook, 1-55.
- WIKLUND, C. L. 1891 Die Absorption von Wasserdampf durch den Hochmoorboden. *Landw. Jahrb.* 20, 871-876.
- WOLLNY, E. 1880 Untersuchungen über den Einfluss der oberflächlichen Abtrocknung des Bodens auf dessen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse. *Forsch. a. d. Gebiete der Agrikulturphysik* 3, 325-348.
- 1884 Untersuchungen über die kapillare Leitung des Wassers im Boden. *Forsch. a. d. Gebiete der Agrikulturphysik* 7, 270-308.
- ZUUR, A. J. 1938 Over de ontzilting van den bodem in de Wieringermeer.

BIJLAGE 1. Inundatiegebied Zuid-West Nederland, voorjaar 1946.
Overzicht van de C-cijfers in de laag 5-20 cm.



APPENDIX 1. Flooded area Zuid-West Nederland, spring 1946.
Survey of the C-figures in the layer 5-20 cm.

BIJLAGE 2. Walcheren, voorjaar 1946. Overzicht van de C-cijfers in de laag 5-20 cm.



APPENDIX 2. Walcheren, spring 1946. Survey of the C-figures in the layer 5-20 cm.